



TESIS - PM147501

MODEL ALAT BANTU PENGAMBILAN KEPUTUSAN METODE DEMOLISI PADA PROYEK KONSTRUKSI

**LATHIFUL WAFIQ
9113202811**

**DOSEN PEMBIMBING :
Tri Joko Wahyu Adi, ST, MT, Ph.D**

**PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK
PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



THESES - PM147501

MODEL OF DECISION-MAKING TOOL FOR DEMOLITION METHOD IN CONSTRUCTION PROJECT

**LATHIFUL WAFIQ
9113202811**

**SUPERVISOR :
Tri Joko Wahyu Adi, ST, MT, Ph.D**

**MASTER OF MANAGEMENT OF TECHNOLOGY
PROJECT MANAGEMENT
POSTGRADUATE PROGRAM
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016**

MODEL ALAT BANTU PENGAMBILAN KEPUTUSAN METODE DEMOLISI PADA PROYEK KONSTRUKSI

Telah disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

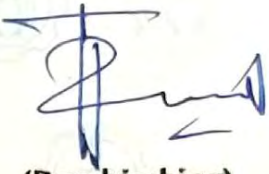
Oleh:

LATHIFUL WAFIQ
NRP. 9113202811

Tanggal Ujian : 21 Juni 2016
Periode Wisuda : September 2016

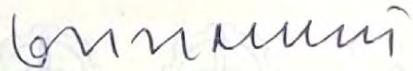
Disetujui oleh:

1. Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D.
NIP : 197404202002121003



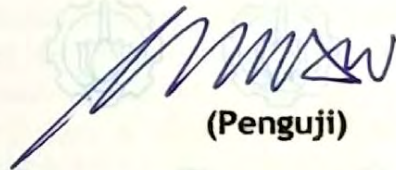
(Pembimbing)

2. Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc.
NIP : 195903181987011001



(Penguji)

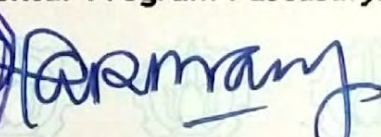
3. Dr. Indung Sudarso, ST., MT.
NIDN : 0727115201



(Penguji)



Direktur Program Pascasarjana,



Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19601202 198701 1 001

MODEL ALAT BANTU PENGAMBILAN KEPUTUSAN METODE DEMOLISI PADA PROYEK KONSTRUKSI

Nama : LATHIFUL WAFIQ
NRP : 9113202811
Dosen Pembimbing : Tri Joko Wahyu Adi, ST, MT, Ph.D

ABSTRAK

Proyek konstruksi bangunan dilaksanakan selain di lahan yang kosong atau belum pernah didirikan bangunan juga pada lokasi yang sebelumnya telah berdiri suatu bangunan. Untuk dapat tetap melaksanakan proyek konstruksi di lokasi yang sudah berdiri sebuah bangunan, maka dilakukan pembongkaran atau demolisi bangunan lama. Dengan adanya perbedaan lokasi proyek satu dengan yang lain dan kondisi bangunan yang berbeda, hambatan yang dihadapi dalam pelaksanaan demolisi akan berbeda pula.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model alat bantu pengambilan keputusan pemilihan metode demolisi yang tepat untuk tipe proyek tertentu. Dari hasil studi literatur diperoleh kriteria-kriteria yang mempengaruhi pemilihan metode demolisi yaitu ketersediaan sumber daya, resiko dan dampak, sisa material, waktu serta biaya. Karena adanya hubungan saling bertentangan (*conflicting*) antar-kriteria, maka digunakan pembobotan dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk mengkompromikan kriteria-kriteria tersebut. Responden dalam penelitian ini adalah para pakar dan para praktisi di bidang konstruksi yang dianggap memiliki pengalaman atau memahami pekerjaan demolisi. Untuk validasi model, dilakukan diskusi dan pembahasan serta studi kasus pada sebuah proyek di Surabaya.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah model pemilihan metode demolisi yang paling tepat untuk tipe proyek tertentu. Dalam kondisi normal metode *top-down* manual merupakan metode yang dinilai paling tepat untuk diterapkan pada proyek dengan struktur bangunan sederhana, dan tidak terpengaruh oleh jarak antar bangunan ataupun kandungan di dalamnya. Untuk proyek berstruktur kompleks dan lokasi padat, metode demolisi yang paling tepat adalah *top-down* mesin. Metode mekanikal dinilai paling tepat untuk proyek dengan struktur bangunan kompleks dan lokasi renggang, meski mengandung B3. Sedangkan metode dengan bahan peledak paling tepat digunakan pada proyek di lokasi renggang, struktur bangunan kompleks dan tidak mengandung B3.

Kata Kunci : pembongkaran, metode demolisi, pengambilan keputusan, AHP.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

MODEL OF DECISION-MAKING TOOL FOR DEMOLITION METHOD IN CONSTRUCTION PROJECT

Name : LATHIFUL WAFIQ
NRP : 9113202811
Supervisor : Tri Joko Wahyu Adi, ST, MT, Ph.D

ABSTRACT

Building construction projects are carried out in addition to the vacant land, but also in locations that previously had stood a building. To be able to implement a construction project at the site which had stood a building, the old building must be demolished. By the differences of site and building condition between one project with another, obstacles encountered in the implementation of the demolition will be different.

This research aims to create a model of decision-making tool in selection of most appropriate demolition method for certain types of project. From the results obtained by literature study, the criterias that influence the selection method of demolition are the availability of resources, risks and impacts, the rest of the material, time and cost. Because of the inter-criteria conflicting relationship, then the weighted used Analytic Hierarchy Process (AHP) method to compromise these criterias. The respondents in this study were experts and practitioners in the field of construction whom presumed to have experience or understood of demolition work. For model validation, conducted discussion and a case study on a project in Surabaya.

The results obtained from this study is selection model of most appropriate demolition method for certain types of projects. In normal conditions the top-down manual method is the most appropriate method to be applied to the project with the building structure is simple, and is not affected by the distance between buildings or the contents. For complex structured project and tight location, the most appropriate demolition method is a top-down by machine. Mechanical method is the most appropriate for projects with complex building structures and a distant location, although it contains hazardous materials. And the used of explosives is the most appropriate method to used in distant project locations, complex building structures and does not contains hazardous materials.

Keywords: demolition, demolition method, decision-making, Analytic Hierarchy Process (AHP).

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Panyayang, kami panjatkan puji dan syukur atas kehadiran-Nya yang telah melimpahkan rahmat dan karunia sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tesis dengan judul Model Alat Bantu Pengambilan Keputusan Metode Demolisi pada Proyek Konstruksi.

Dalam kesempatan ini penulis bermaksud menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D.**, selaku Dosen Pembimbing, yang telah berkenan mendedikasikan waktu, tenaga dan pemikiran untuk membimbing, memberikan koreksi, saran, dan pembelajaran yang tidak hanya sebatas penyusunan tesis ini namun juga untuk ilmu, pengalaman, dan nasihat yang berguna untuk bekal di masa depan.
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc**, Bapak **Dr. Indung Sudarso, ST., MT.**, dan Ibu **Dr. Ir. Endang Angreni, MT.**, selaku Dosen Penguji dalam Seminar Proposal dan/atau Sidang Tesis, yang telah berkenan memberikan koreksi dan saran yang sangat bermanfaat.
3. Kedua Orang Tua tersayang serta Kakak dan Adik yang dengan sabar memberikan dukungan dan motivasi yang tidak terhingga.
4. Seluruh Pejabat dan rekan-rekan di Sekretariat Badan Pengembangan SDM - Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan yang lebih tinggi.
5. Teman-teman MMT-ITS Kelas Jakarta 2014 yang saling menyemangati dan memberi dukungan selama masa perkuliahan hingga penyelesaian tesis.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penelitian ini karena keterbatasan yang ada, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan ke depan. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat, baik untuk pengembangan ilmu pengetahuan, bagi para praktisi, instansi tempat penulis bekerja, dan khususnya bagi penulis sendiri.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Definisi dan Terminologi	7
2.1.1 Lingkup Pekerjaan Konstruksi	7
2.1.2 Definisi Pembongkaran atau Demolisi	8
2.2 Jenis Metode Demolisi	9
2.3 Jenis Bangunan.....	22
2.4 <i>Analytic Hierarchi Process</i> (AHP).....	25
2.4.1 Penggunaan Metode AHP	25
2.4.2 Penyusunan Struktur Hirarki Masalah.....	26
2.4.3 Penyusunan Prioritas	27
2.5 Penelitian Terdahulu	28
2.6 Posisi Penelitian	33
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Jenis Penelitian.....	37
3.2 Alur Penelitian	37
3.3 Metode Pengumpulan Data	40
3.3.1 Studi Literatur	41

3.3.2	Survey Pendahuluan	44
3.3.3	Penyebaran Kuisisioner	45
3.4	Rancangan Kuisisioner.....	46
3.4.1	Susunan Hirarki	46
3.4.2	Format Kuisisioner.....	48
3.4.3	Skala pengukuran	49
3.4.4	Variabel atau kriteria penilaian.....	50
3.5	Populasi dan Sampel.....	52
3.6	Analisis Data	52
3.7	Diskusi dan Pembahasan	53
3.8	Studi Kasus.....	53
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		55
4.1.	Hasil Survei Penelitian	55
4.2.	Deskripsi Responden	56
4.2.1.	Deskripsi Responden Berdasarkan Posisi	56
4.2.2.	Deskripsi Responden Berdasarkan Pengalaman Kerja.....	57
4.2.3.	Deskripsi Responden Berdasarkan Jumlah Proyek	58
4.2.4.	Deskripsi Responden Berdasarkan Pekerjaan Demolisi di Perusahaan.....	59
4.3.	Hasil Analisis AHP	60
4.3.1	Langkah Perhitungan AHP	61
4.3.2.	Hasil Pengolahan Data.....	63
4.4.	Diskusi dan Pembahasan	65
4.5.	Studi Kasus.....	69
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		77
5.1.	Kesimpulan	77
5.2.	Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA		79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Metode Demolisi Standar Australia	12
Tabel 2.2 Perbandingan Metode Demolisi Standar Hongkong.....	21
Tabel 2.3 Jenis Bangunan Berdasarkan Fungsi.....	23
Tabel 2.4 Klasifikasi Bangunan	23
Tabel 2.5 Karakteristik Gedung Bertingkat	25
Tabel 2.6 Contoh Matriks Perbandingan Berpasangan.....	27
Tabel 2.7 Perbandingan Penelitian Terdahulu	30
Tabel 2.8 Posisi Penelitian	35
Tabel 3.1 Karakteristik Proyek	43
Tabel 3.2 Beberapa Proyek Pembongkaran di Surabaya	45
Tabel 3.3 Skala Nilai Perbandingan Berpasangan	49
Tabel 3.4 Kriteria Penilaian	50
Tabel 4.1 Contoh Tabulasi Data Kuisisioner.....	61
Tabel 4.2 Matriks Perbandingan Kriteria Alternatif	62
Tabel 4.3 Matriks Normalisasi.....	62
Tabel 4. 4 Nilai <i>Ratio Index</i> (RI)	63
Tabel 4.5 Tabulasi Peringkat Metode Demolisi.....	64
Tabel 4.6 Data Narasumber Diskusi dan Pembahasan.....	65
Tabel 4.7 Narasumber Studi Kasus	69
Tabel 4.8 Produktivitas Pekerjaan Bongkaran	71
Tabel 4.9 Biaya Pembongkaran Secara Manual	73
Tabel 4.10 Biaya Pembongkaran Menggunakan Alat Berat/Excavator.....	74
Tabel 5.1 Metode Demolisi Paling Tepat Berdasarkan Tipe Proyek.....	77

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Urutan Pembongkaran Balok.....	14
Gambar 2.2	Akses <i>Excavator</i> ke Lantai di Bawahnya	15
Gambar 2.3	Pembongkaran Dinding dan Kolom Bagian Dalam	15
Gambar 2.4	Pembongkaran Dinding, Balok dan Kolom Bagian Luar	16
Gambar 2.5	<i>Excavator Attachments</i>	16
Gambar 2.6	Pembongkaran dengan <i>Hydraulic Crusher with Long Boom Arm</i> ..	17
Gambar 2.7	Pembongkaran dengan <i>Wrecking Ball</i>	18
Gambar 2.8	Pembongkaran dengan <i>Pusher Arm</i>	18
Gambar 2.9	Pembongkaran dengan <i>Wire Rope Pulling</i>	19
Gambar 2.10	Pembongkaran dengan <i>Clam Shell</i>	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	38
Gambar 3.2	Karakteristik Proyek	43
Gambar 3.4	Model Hirarki Pemilihan Metode Demolisi	48
Gambar 4.1	Komposisi Responden Berdasarkan Posisi di Perusahaan.....	57
Gambar 4.2	Komposisi Responden Berdasarkan Pengalaman Kerja	58
Gambar 4.3	Komposisi Responden Berdasarkan Jumlah Proyek di dalam Perusahaan.....	59
Gambar 4.4	Komposisi Responden Berdasarkan Pekerjaan Demolisi di Proyek yang Ditangani	60

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

DAFTAR PERSAMAAN

4.1 Menentukan Jumlah Sampel (Slovin)	56
4.2 Menghitung <i>Consistency Index</i> (CI)	63
4.3 Menghitung <i>Consistency Ratio</i> (CR)	63
4.4 Menentukan Durasi Pekerjaan	72

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap proyek konstruksi memiliki ciri khas yang membedakan dengan proyek lainnya, namun untuk tujuan proyek umumnya adalah sama yaitu untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan usaha yang minimal. Proyek dibatasi oleh tiga batasan (*triple constraint*) yaitu mutu (*quality*), waktu (*time*) dan biaya (*cost*) di mana keseimbangan ketiganya akan menentukan kualitas suatu proyek. Perubahan salah satu atau lebih dari faktor tersebut akan mempengaruhi minimal satu faktor lainnya (PMBOK Guide, 2004). Untuk mengelola ketiganya sehingga bisa mendapatkan hasil yang maksimal, maka muncul yang bidang ilmu pengetahuan Manajemen Proyek Konstruksi.

Pekerjaan konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian rangkaian kegiatan perencanaan dan/atau pelaksanaan beserta pengawasan yang mencakup pekerjaan arsitektural, sipil, mekanikal, elektrik, dan tata lingkungan di mana masing-masing beserta kelengkapannya bertujuan untuk mewujudkan suatu bangunan atau bentuk fisik lain. Hasil pekerjaan konstruksi dapat juga berbentuk fisik yang lain, antara lain: dokumen, gambar rencana, gambar teknis, tata ruang dalam, dan tata ruang luar, atau penghancuran bangunan (UUJK, 1999). Sedangkan jenis pekerjaan sipil yang dimaksud adalah pembangunan bangunan gedung, pelabuhan, bandar udara, jalan kereta api, pengamanan pantai, saluran irigasi/kanal, bendungan, terowongan, jalan dan jembatan, reklamasi rawa, pekerjaan pemasangan perpipaan, pekerjaan pengeboran, dan pembukaan lahan.

Bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah/dan atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus. Penyelenggaraan bangunan gedung meliputi proses perencanaan teknis dan

pelaksanaan konstruksi, serta kegiatan pemanfaatan, pelestarian dan pembongkaran (UU Bangunan Gedung, 2002).

Pelaksanaan proyek konstruksi dapat dilakukan pada lahan kosong ataupun lokasi yang sudah berdiri suatu bangunan di atasnya. Untuk dapat melaksanakan proyek konstruksi di lokasi yang terdapat bangunan, dilakukan pembongkaran atau demolisi baik sebagian maupun seluruh bagian bangunan yang sudah ada. Dalam UU Bangunan Gedung (2002), demolisi atau pembongkaran adalah kegiatan membongkar atau merobohkan seluruh atau sebagian bangunan gedung, komponen, bahan bangunan, dan/atau prasarana dan sarananya. Dalam Demolition Work Code of Practice (2015), pekerjaan demolisi berarti menghancurkan atau membongkar struktur atau bagian dari struktur yang bebannya terintegrasi dengan struktur yang lain, namun tidak termasuk:

- a. Pembongkaran bekisting, perancah, *scaffolding* atau struktur lain yang digunakan untuk memberi dukungan, akses atau penahan selama pekerjaan konstruksi, atau
- b. Pembongkaran sumber listrik, tiang lampu atau telekomunikasi.

Berbagai jenis metode demolisi baru tersedia di industri demolisi yang membuat pemilihan semakin kompleks. Saat ini *excavator* hidrolik dengan berbagai jenis perangkat di ujungnya dapat digunakan untuk hampir setiap pekerjaan demolisi dari mulai atap hingga pondasi. Namun penggunaannya dalam proyek juga dipengaruhi oleh kondisi lokasi yang rumit dan kendala lainnya. Untuk memilih metode demolisi, perlu dipertimbangkan sejumlah kriteria dan menilai relevansinya terhadap pekerjaan demolisi untuk mendapatkan teknik yang tepat (Arham, 2003).

Pembongkaran atau demolisi dilakukan untuk berbagai macam jenis bangunan yang memiliki tujuan dan dampak yang beragam pula. Di Cleveland - Ohio, Amerika Serikat, meningkatnya pembongkaran perumahan berpengaruh penataan kota terutama dalam pengelolaan siklus hidrologi (Shuster, 2014). Di Lagos - Nigeria, pembongkaran permukiman penduduk dilaksanakan dengan maksud menyediakan lahan untuk program Megacity Lagos (Adewuyi dan Akinade, 2010). Bahkan di Indonesia juga terdapat proyek-proyek pembongkaran

bangunan, seperti dalam penelitian Islami (2014), bahwa bangunan Pasar Turi Tahap III yang terbakar habis pada 2012 akan dibongkar dan dibangun kembali menjadi Pasar Modern karena berdasarkan hasil survey struktur menunjukkan bahwa bangunan lama sudah tidak layak dipakai.

Di Indonesia belum ada aturan baku yang memayungi pelaksanaan pekerjaan pembongkaran atau *demolisi*, namun pekerjaan pembongkaran bangunan tetap dilaksanakan dengan berbagai alasan yang berbeda. Dalam UU Bangunan gedung (2002), disebutkan bahwa bangunan gedung dapat dibongkar apabila:

- a. tidak laik fungsi dan tidak dapat diperbaiki;
- b. dapat menimbulkan bahaya dalam pemanfaatan bangunan gedung dan/atau lingkungannya;
- c. tidak memiliki izin mendirikan bangunan.

Sedangkan detail pekerjaan pembongkaran bangunan tidak dijelaskan lebih jauh dalam peraturan ini. Berbeda dengan Australia, Hongkong, Selandia Baru, Amerika Serikat dan Inggris yang telah memiliki pedoman pelaksanaan pembongkaran walaupun belum dijelaskan secara detail hingga perhitungan secara matematis.

Indonesia sebagai satu negara berkembang tidak dapat lepas dari pembangunan di segala bidang, salah satunya adalah pengembangan di industri konstruksi. Meningkatnya pertumbuhan industri konstruksi diharapkan dapat memberi dampak yang baik bagi perkembangan perekonomian Negara Indonesia.

Surabaya sebagai kota terbesar kedua di Indonesia saat ini sedang meningkatkan pertumbuhan di sektor konstruksi, disamping juga meningkatkan pertumbuhan di sektor yang lain. Hingga tahun 2013 pertumbuhan sektor konstruksi di Surabaya mengalami kenaikan hampir dua kali lipat dari tahun 2009 dilihat dari indeks perkembangan sektoral Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) terhadap tahun 2000 atas dasar harga berlaku 2009-2014 (BPS, 2015). Sedangkan untuk sektor konstruksi di Jawa Timur pada triwulan I 2015 tumbuh sebesar 6,6% meningkat dibandingkan triwulan sebelumnya yang mencapai 5,8% (Bank Indonesia, 2015).

Setiap bangunan yang akan dibongkar umumnya adalah unik baik bila dilihat dari lokasi, struktur utamanya maupun dari fungsi bangunan tersebut. Namun dalam suatu proyek biasanya pembongkaran bangunan tidak mendapat perhatian khusus. Padahal pemilihan metode yang tepat akan menghasilkan proses pembongkaran yang lebih baik bagi internal maupun eksternal proyek.

Saat ini pembongkaran bangunan semakin sering dijumpai dan tidak asing lagi bagi masyarakat, terutama bagi para pengembang dalam mensiasati dimana dengan keterbatasan lahan tidak menjadi kendala untuk mendapatkan lokasi strategis. Dari survey pendahuluan yang dilaksanakan terhadap beberapa proyek konstruksi di Surabaya di mana pada lokasi tersebut sebelumnya berdiri telah bangunan namun dibongkar untuk kepentingan penyediaan lahan, umumnya masih didominasi dengan metode konvensional atau secara manual menggunakan peralatan tangan dan metode dengan bantuan peralatan berat. Kedua metode ini masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan, termasuk juga resiko yang dapat terjadi dalam pelaksanaannya. Sebagai contoh adalah gedung perkuliahan Program Pascasarjana Universitas Negeri Surabaya (UNESA) - Ketintang ketika akan dibongkar menggunakan *jack hammer* dengan maksud mempercepat proses pembongkaran, diprotes oleh para mahasiswa karena suara yang dihasilkan sangat mengganggu. Maka penggunaan palu godam merupakan cara yang tepat dalam membongkar gedung tersebut.

Misalkan terdapat sebuah bangunan gedung lima lantai di lokasi renggang, dapat dibongkar menggunakan peralatan manual meski waktu yang diperlukan sangat lama. Namun hal ini kurang tepat, karena terdapat metode menggunakan peralatan *excavator* yang dapat dipakai. Selain waktu yang diperlukan menjadi lebih singkat dan biaya yang murah, tidak ada resiko terhadap lingkungan di sekitar, juga tidak ada material sisa bongkaran yang akan dipakai kembali.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu untuk dilakukan penelitian untuk membuat sebuah model alat bantu pengambilan keputusan dalam pemilihan metode demolisi yang tepat untuk tipe proyek tertentu. Dapat dikatakan tepat apabila dalam kondisi normal yaitu tersedianya sumber daya, resiko dan dampak yang seminimal mungkin, sisa material yang dapat langsung dibuang, waktu yang cepat dan biaya yang murah, dapat diakomodir oleh satu metode demolisi. Dalam

proses pemilihan, para pengambil keputusan akan dihadapkan pada beberapa kriteria yang harus dianalisa untuk mendapatkan metode yang tepat. Kriteria-kriteria yang perlu dipertimbangkan adalah ketersediaan sumber daya, resiko dan dampak, sisa material bongkaran, waktu serta biaya yang harus disesuaikan dengan tipe proyek tertentu. Kriteria-kriteria yang mempengaruhi pemilihan metode sering kali bertentangan (*conflicting*) satu sama lain, sehingga diperlukan suatu metode analisis yang dapat mengkompromikan seluruh kriteria tersebut dengan membandingkan tingkat kepentingannya.

Dikarenakan dalam proses pemilihan metode demolisi dipengaruhi oleh beberapa kriteria yang perlu diukur tingkat kepentingannya serta bersifat kualitatif, maka dalam penelitian ini akan digunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Dalam penelitian Bhakti (2013), disebutkan bahwa metode AHP merupakan bentuk model pengambilan keputusan yang komprehensif, yaitu memperhitungkan hal-hal kuantitatif dan kualitatif sekaligus. Metode ini umumnya digunakan pada pengambilan keputusan untuk banyak kriteria, perencanaan (prediksi), alokasi sumber daya, dan penentuan prioritas di mana peralatan utama berupa sebuah hirarki dengan persepsi manusia yang dianggap *expert* sebagai input data utamanya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

- Metode demolisi apa yang paling tepat untuk diterapkan pada karakteristik atau tipe proyek tertentu?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disampaikan sebelumnya, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Membuat sebuah model alat bantu pengambilan keputusan dalam pemilihan metode demolisi yang paling tepat untuk karakteristik atau tipe-tipe proyek tertentu.

1.4 Manfaat Penelitian

Penulis dalam menyusun penelitian ini bermaksud untuk dapat memberikan manfaat antara lain:

1. Bagi praktisi di bidang konstruksi, dapat memberikan informasi dan saran pengambilan keputusan dalam memilih metode demolisi yang paling tepat untuk diterapkan sesuai dengan karakteristik atau tipe proyek tertentu.
2. Bagi keilmuan di bidang konstruksi, sebagai referensi tentang pemilihan metode demolisi yang paling tepat sesuai dengan karakteristik atau tipe proyek tertentu.

1.5 Batasan Masalah

Supaya penelitian ini fokus dalam topik yang sedang diteliti, maka ditetapkan batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menganalisis metode demolisi yang paling tepat untuk tipe proyek tertentu berdasarkan kriteria ketersediaan sumber daya, resiko dan dampak, sisa material, waktu, serta biaya yang ditimbulkan.
2. Setiap metode demolisi yang dianggap paling tepat merupakan metode utama yang digunakan dalam membongkar bangunan, atau tidak digabungkan dengan metode lain pada saat proses pembongkaran.
3. Seluruh kriteria penilaian dianggap sebagai kriteria kualitatif, di mana mengutamakan persepsi responden atau perkiraan kasar terutama untuk waktu dan biaya dalam menentukan tingkat kepentingannya.
4. Seluruh kriteria penilaian disimulasikan ke dalam beberapa karakteristik proyek yang berbeda untuk mendapatkan metode yang paling tepat bagi setiap jenis proyek.
5. Pengelompokkan karakteristik proyek demolisi dianggap merepresentasikan kondisi proyek yang berada di Surabaya.
6. Responden dalam penelitian ini adalah para *project manager* dan praktisi bidang konstruksi di Surabaya yang dianggap memiliki pengalaman atau memahami pekerjaan demolisi bangunan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi dan Terminologi

2.1.1 Lingkup Pekerjaan Konstruksi

Pertumbuhan ekonomi di setiap negara di dunia salah satunya dipengaruhi oleh pembangunan struktur dan infrastruktur yang dilaksanakan dalam berbagai macam pekerjaan konstruksi. Sebagaimana dituliskan dalam Undang-Undang Jasa Konstruksi (1999), pekerjaan konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian rangkaian kegiatan perencanaan dan/atau pelaksanaan beserta pengawasan yang mencakup pekerjaan arsitektural, sipil, mekanikal, elektrik, dan tata lingkungan masing-masing beserta kelengkapannya untuk mewujudkan suatu bangunan atau bentuk fisik lain. Yang dimaksud dalam bentuk fisik lain adalah dokumen, gambar rencana, gambar teknis, tata ruang dalam (*interior*), dan tata ruang luar (*exterior*), atau penghancuran bangunan (*demolition*).

Jenis-jenis pekerjaan sipil menurut UUK (1999) adalah pembangunan bangunan gedung, pelabuhan, bandar udara, jalan kereta api, pengamanan pantai, saluran irigasi/kanal, bendungan, terowongan, jalan dan jembatan, reklamasi rawa, pekerjaan pemasangan perpipaan, pekerjaan pengeboran, dan pembukaan lahan.

Di dalam Undang-Undang Bangunan Gedung (2002), bangunan gedung diartikan sebagai wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah/danatau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan social, budaya, maupun kegiatan khusus. Penyelenggaraan bangunan gedung meliputi proses perencanaan teknis dan pelaksanaan konstruksi, serta kegiatan pemanfaatan, pelestarian dan pembongkaran.

Dari kedua sumber di atas, dapat digaris bawahi bahwa pekerjaan pembongkaran suatu bangunan yang memiliki wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi adalah menjadi bagian dari pekerjaan konstruksi juga, meskipun

prinsipnya tidak menciptakan bangunan baru melainkan menghancurkan bangunan yang sudah ada.

2.1.2 Definisi Pembongkaran atau Demolisi

Di Indonesia, pekerjaan konstruksi berupa pembongkaran bangunan belum mendapat perhatian khusus, tidak seperti pekerjaan konstruksi lainnya yang sifatnya menciptakan wujud baru. Namun, terdapat juga peraturan perundangan yang menyebutkan tentang pekerjaan pembongkaran atau demolisi, meskipun di dalamnya tidak dijelaskan secara rinci. Pengertian demolisi atau pembongkaran dalam UU Bangunan Gedung (2002) adalah kegiatan membongkar atau merobohkan seluruh atau sebagian bangunan gedung, komponen, bahan bangunan, dan/atau prasarana dan sarananya. Adapun persyaratan bangunan gedung yang boleh dibongkar yaitu:

- a. tidak laik fungsi dan tidak dapat diperbaiki;
- b. dapat menimbulkan bahaya dalam pemanfaatan bangunan gedung dan/atau lingkungannya;
- c. tidak memiliki izin mendirikan bangunan.

Bangunan gedung yang disebutkan di atas apabila akan dibongkar harus melewati beberapa kajian teknis dahulu, karena mempertimbangkan kondisi lingkungan di sekitar bangunan, kondisi struktur yang akan dibongkar dan persyaratan administratif yang harus mendapat persetujuan Pemerintah Daerah setempat. Namun secara detail mengenai teknis pelaksanaan pekerjaan pembongkaran bangunan masih belum diatur dalam peraturan lain atau turunannya.

Meskipun belum terdapat peraturan khusus yang mengatur teknis pelaksanaan pembongkaran bangunan, namun kegiatan tersebut tetap banyak dilakukan. Selain alasan diperbolehkannya pembongkaran seperti yang telah disebutkan di UU Bangunan Gedung (2002), melalui survey pendahuluan terhadap beberapa proyek diperoleh kesimpulan bahwa adanya kebutuhan penyediaan lahan untuk dibangun kembali sehingga lebih bermanfaat.

Berbeda halnya dengan beberapa Negara di dunia, misalnya di Australia, Hongkong, Selandia Baru, Amerika Serikat dan Inggris. Beberapa Negara ini telah menerbitkan pedoman pelaksanaan pembongkaran bangunan meskipun di dalam pedoman tersebut belum dijelaskan lebih rinci sampai perhitungan matematis dalam setiap metode pembongkaran yang digunakan.

Dalam Demolition Work Code of Practice (2015) yang diterbitkan di New South Wales, Australia, pekerjaan demolisi berarti menghancurkan atau membongkar struktur atau bagian dari struktur yang bebannya terintegrasi dengan struktur yang lain. Terdapat beberapa jenis pekerjaan yang tidak dapat dimasukkan dalam kriteria pekerjaan demolisi karena sifat pekerjaan dan jenis konstruksinya, yaitu:

- a. Pembongkaran bekisting, perancah, *scaffolding* atau struktur lain yang digunakan untuk memberi dukungan, akses atau penahan selama pekerjaan konstruksi, atau
- b. Pembongkaran sumber listrik, tiang lampu atau telekomunikasi.

2.2 Jenis Metode Demolisi

Pembongkaran bangunan dapat dilaksanakan dengan dua macam cara jika dibedakan berdasarkan jenis bahan atau peralatan yang digunakan, yaitu dengan bahan peledak dan non peledak. Pembongkaran bangunan menggunakan bahan non-peledak berarti menggunakan peralatan mekanik baik yang dioperasikan dengan tangan berupa palu godam, *jack hammer* maupun dengan pemakaian alat-alat berat misalnya dengan *excavator*, *crane*, *stonebreaker* atau bola penghancur. Pembongkaran bangunan secara umum dipengaruhi oleh beberapa faktor utama yaitu kondisi lapangan, tipe struktur, usia dan ketinggian bangunan yang akan dibongkar (Islami, 2014).

Dalam Demolition Work Code of Practice (2015) standar Australia, urutan bagian yang akan dibongkar menjadi hal yang kritis dalam keamanan pelaksanaan pembongkaran bagi para pekerja maupun lingkungan proyek. Urutan pembongkaran tergantung pada jenis konstruksi bangunan, lokasi, maupun metodenya. Demolisi bangunan dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu:

a. Manual

Pembongkaran yang dilaksanakan secara manual berarti menggunakan peralatan tangan, misalnya *jack hammer*, *sledge hammer*, maupun cangkil. Pelaksanaan secara manual memiliki banyak resiko yang tidak dapat diduga seperti terdapat bagian bangunan yang runtuh tiba-tiba, pekerja jatuh, material jatuh, bising maupun debu, bahkan untuk bangunan tertentu terdapat bahan kimia berbahaya. Untuk mencegah hal tersebut, maka setiap bagian struktur bangunan perlu dinilai oleh orang yang ahli terlebih dahulu. Area yang menjadi lokasi di mana material akan jatuh harus diamankan sebelum pekerja memulai pembongkaran.

b. Mekanikal

Pembongkaran secara mekanikal melibatkan penggunaan peralatan berat seperti *excavator*, *crane*, *loader*, dan *bulldozer*. Metode secara mekanikal biasanya mengkombinasikan sebagian pembongkaran dengan menggunakan metode manual. Seluruh peralatan berat harus dilengkapi dengan pengaman bagi operatornya untuk meminimalisir terjadinya resiko ketika pembongkaran. Resiko bagi operator alat berat antara lain:

- Peralatan terguling
- Material jatuh atau terpental ke kabin
- Suara bising

Pelaksanaan pembongkaran bangunan harus dilaksanakan secara sistematis dan berurutan, di mana bagian yang pertama dibongkar merupakan bagian terakhir ketika dibangun.

c. Runtuh dengan induksi

Runtuh secara induksi meliputi pengurangan secara berurutan struktur utama bagian bawah dan menyisakan beban besar di bagian atas dengan memanfaatkan beban sendiri untuk mengatur runtuhnya keseluruhan bagian bangunan. Perencanaan harus dilakukan oleh tenaga ahli struktur sebelum diterapkannya metode ini. Metode ini hanya dapat dilaksanakan pada struktur yang terpisah dan tersendiri pada lokasi yang memungkinkan. Bangunan harus

berada di tengah lahan kosong yang cukup luas untuk lokasi runtuhnya material bangunan, penempatan peralatan dan pekerja yang aman ketika pembongkaran dilaksanakan.

d. Menggunakan bahan peledak

Pekerjaan konstruksi yang melibatkan penggunaan bahan peledak tergolong pekerjaan beresiko tinggi, sehingga harus dilaksanakan oleh orang yang berpengalaman. Penerapan metode ini termasuk penyimpanan, pengangkutan dan pemasangan bahan peledak yang termasuk bahan berbahaya harus mendapat izin dari pemerintah.

Metode demolisi secara runtuh induksi dan penggunaan bahan peledak menerapkan prinsip beban bangunan untuk penghancuran seluruh bangunan dengan mengurangi kekuatan struktur utama di bagian bawah bangunan. bagian tersebut adalah kolom sebagai struktur utama yang mendukung struktur lain di atasnya. Menurut Sudarmoko (1996), kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur.

Dari keempat metode demolisi yang disebutkan dalam Demolition Work Code of Practice (2015) standar Australia, kriteria yang membandingkan penerapan masing-masing metode dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.1 Perbandingan Metode Demolisi Standar Australia

Metode Kriteria	Manual	Peralatan Mekanikal	Runtuh Induksi	Bahan Peledak
Prinsip dasar pembongkaran	Mengutamakan penggunaan tenaga manusia dengan bantuan peralatan tangan	Mengutamakan kemampuan peralatan berat dengan bantuan operator	Memanfaatkan beban sendiri, dengan melepas struktur utama bagian bawah	Meledakkan struktur bawah bangunan
Peralatan yang digunakan	<i>Jack hammer, sledge hammer</i> , palu, cungkil	<i>Excavator, crane, loader</i> , dan <i>bulldozer</i>	Tali baja, rantai, bahan kimia untuk merusak beton	Bahan peledak
Penerapan pada bagian struktur	Dimulai dari bagian teratas bangunan	Dimulai dari bagian teratas bangunan	Dimulai dari struktur bagian bawah	Dimulai dari struktur bagian bawah
Arah pengoperasian peralatan terhadap bangunan	<ul style="list-style-type: none"> - Atap dan bagian terpisah lainnya (canopy) dibongkar lebih dahulu - Kusen pintu dan jendela dibongkar sebelum dinding 	<ul style="list-style-type: none"> - Dimulai dari menghancurkan atap - Pembongkaran kusen pintu dan jendela tergantung penggunaan kembali atau tidaknya bagian tersebut 	Mengurangi kekuatan struktur bagian bawah dengan menarik tali baja dengan dozer, atau dengan memberi pengaruh zat kimia untuk merusak beton	Memasang bahan peledak pada struktur bagian bawah

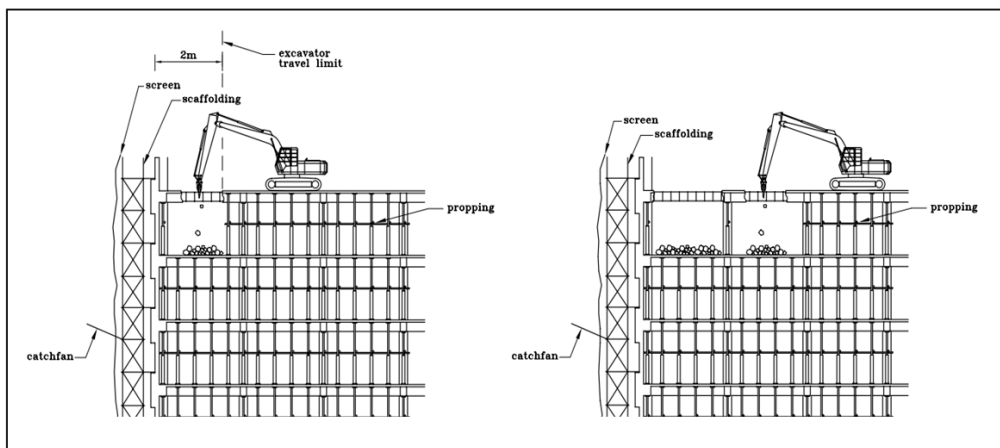
Metode Kriteria	Manual	Peralatan Mekanikal	Runtuh Induksi	Bahan Peledak
Resiko pembongkaran	Resiko terbanyak ada pada pekerja, karena berhubungan langsung dengan bagian yang dibongkar	Resiko dimungkinkan terjadi pada peralatan berat, sehingga perlu dilengkapi pengaman bagi operator	Memanfaatkan beban sendiri untuk runtuhnya keseluruhan bangunan, resiko terbesar ada di sekitar lokasi.	Resiko terbesar ada di sekitar lokasi. Sehingga hanya boleh dilakukan di lokasi yang jauh dari bangunan lain

Sumber: Demolition Work Code of Practice (2015) Standar Australia

Dari sumber lain, sebagaimana tertulis dalam Code of Practice for Demolition of Building (2004) standar Hongkong, terdapat beberapa metode demolisi menggunakan peralatan mekanikal yang tidak dijelaskan dalam standar Australia, yaitu:

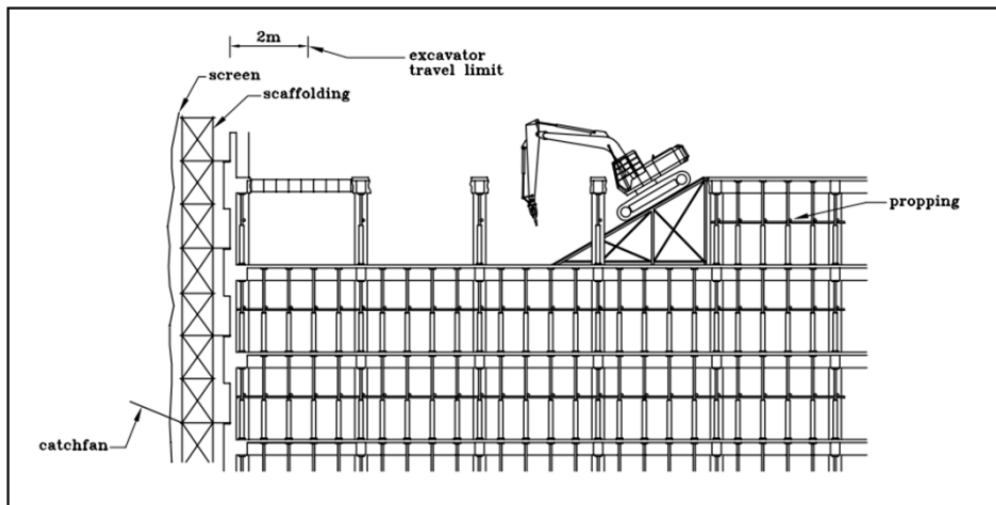
a. Metode *top-down* dengan mesin

Metode ini sama dengan metode manual namun menerapkan penggunaan *excavator* dengan mengangkatnya menggunakan *crane* ke lantai paling atas bangunan. Pelaksanaan pembongkaran dilakukan secara berurutan dimulai dari kantilever, balok sekunder, balok utama kemudian kolom. Perpindahan mesin dari satu lantai ke lantai bawahnya dapat menggunakan bantuan *crane* atau *ramp* sementara.



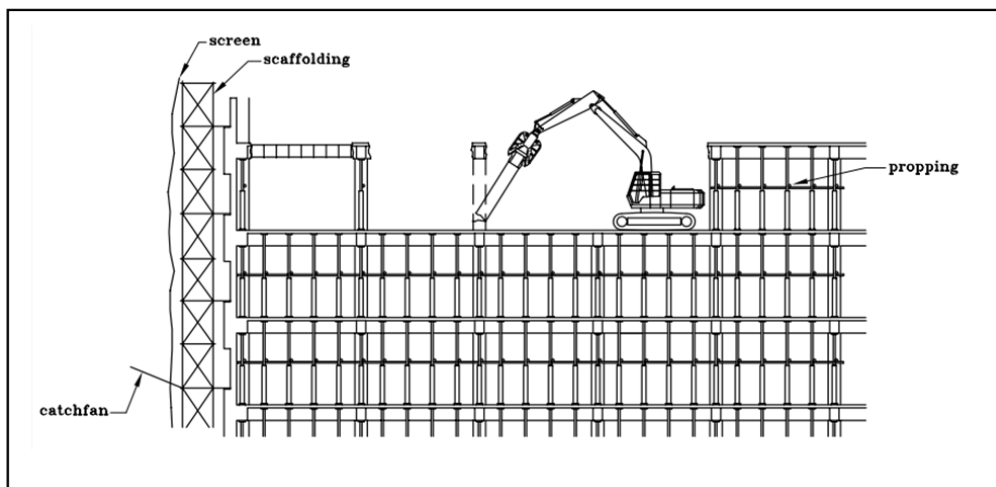
Gambar 2.1 Urutan Pembongkaran Balok

Sumber: Code of Practice for Demolition of Buildings (2004)
Standar Hongkong



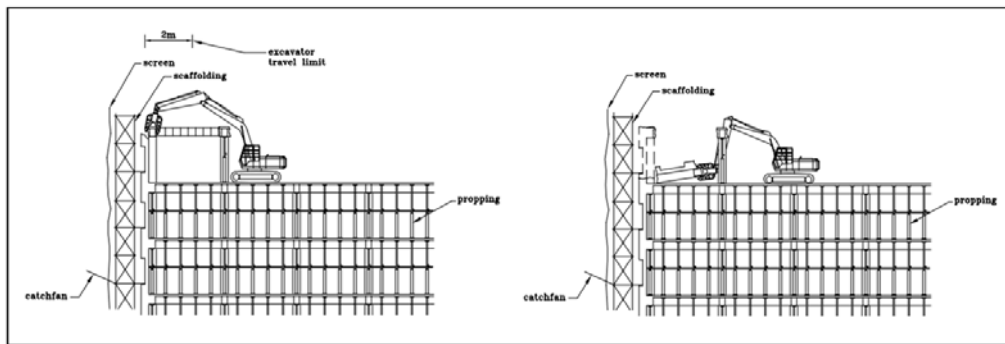
Gambar 2.2 Akses *Excavator* ke Lantai di Bawahnya

Sumber: Code of Practice for Demolition of Buildings (2004)
Standar Hongkong



Gambar 2.3 Pembongkaran Dinding dan Kolom Bagian Dalam

Sumber: Code of Practice for Demolition of Buildings (2004)
Standar Hongkong



Gambar 2.4 Pembongkaran Dinding, Balok dan Kolom Bagian Luar

Sumber: Code of Practice for Demolition of Buildings (2004)
Standar Hongkong

Dengan mesin *excavator* yang sama, proses pembongkaran membutuhkan beberapa ujung alat (*excavator attachments*) yang berbeda, antara lain *crusher*, *pneumatic hammer*, *hydraulic shear*, dan *grapple*.



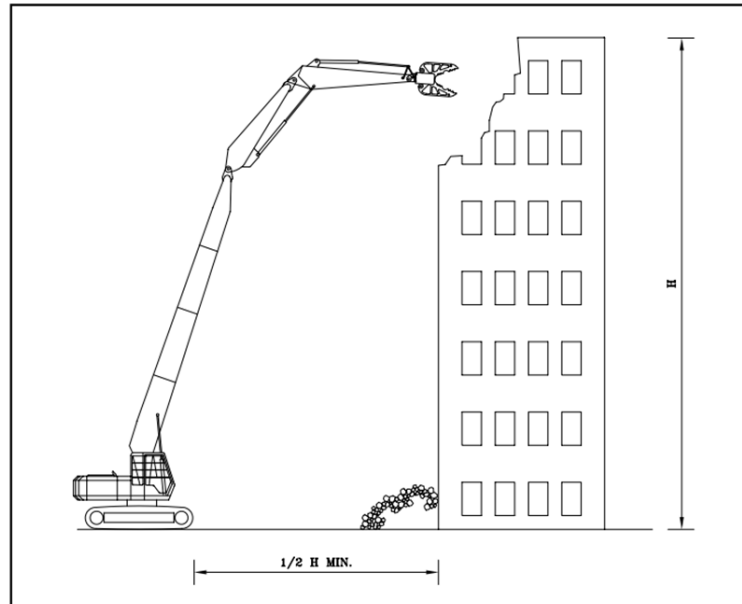
Gambar 2.5 *Excavator Attachments*

Sumber: Google

b. Metode mekanikal dengan *hydraulic crusher with long boom arm*

Mesin penghancur hidrolis digerakkan melalui *excavator* dengan bentang lengan yang panjang dan dioperasikan dari tanah di luar gedung. Jarak *excavator* minimal setengah dari tinggi bangunan yang akan dihancurkan untuk menjaga agar peralatan tetap aman dari runtuhnya material dan masih dapat menjangkau bagian paling atas bangunan. Metode ini cocok digunakan untuk bangunan yang berbahaya, silo dan fasilitas industri lainnya.

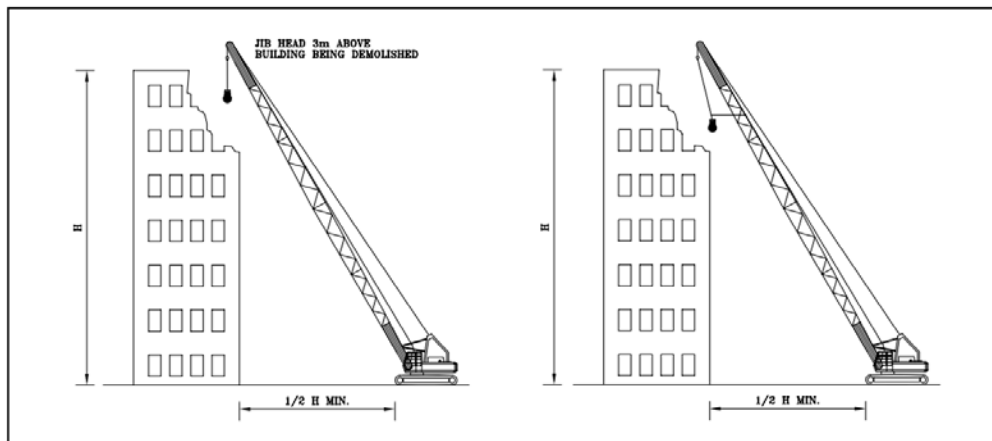
Metode dengan alat ini tidak menghasilkan suara yang terlalu bising sehingga tidak terlalu mengganggu lingkungan.



Gambar 2.6 Pembongkaran dengan *Hydraulic Crusher with Long Boom Arm*
Sumber: Code of Practice for Demolition of Buildings (2004)
Standar Hongkong

c. Metode mekanikal dengan *wrecking ball*

Pengaplikasian metode ini membutuhkan bola besi yang digantung di *mobile crane*. Energi yang diperoleh dari mengayunkan atau menjatuhkan bola besi menjadi kunci utama pembongkaran bangunan dengan metode ini. Metode ini cocok digunakan untuk menghancurkan bangunan di tengah ruang terbuka yang cukup luas, dan tidak perlu memperhatikan urutan per bagian struktur bangunan. Metode ini selain membutuhkan keterampilan pengoperasian *crane* yang tinggi, namun juga peralatan harus dalam kondisi terawat dengan baik.

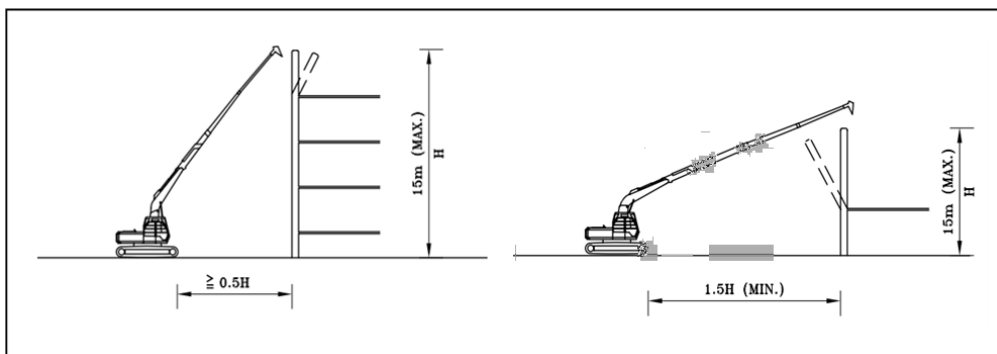


Gambar 2.7 Pembongkaran dengan *Wrecking Ball*

Sumber: Code of Practice for Demolition of Buildings (2004)
Standar Hongkong

d. Metode mekanikal dengan *pusher arm*

Metode ini menggunakan alat berat yang dilengkapi dengan lengan pendorong untuk menghancurkan struktur bangunan secara horizontal. Lengan pendorong harus terbuat dari baja atau setara dengan material yang dihancurkan dan memiliki kekuatan yang memadai untuk beroperasi pada bangunan tersebut.

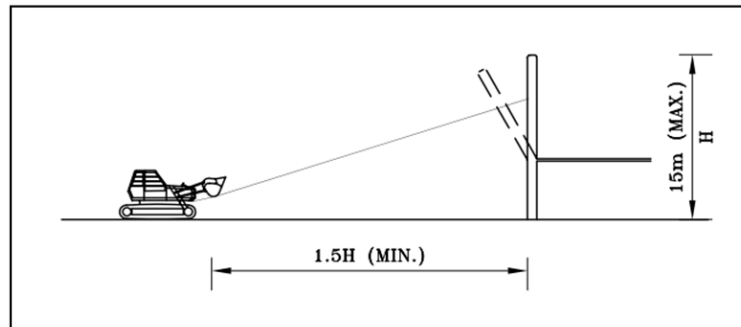


Gambar 2.8 Pembongkaran dengan *Pusher Arm*

Sumber: Code of Practice for Demolition of Buildings (2004)
Standar Hongkong

e. Metode mekanikal dengan *wire rope pulling*

Metode demolisi dengan menarik kawat baja dan umumnya menggunakan alat berat yang dilengkapi dengan perangkat derek mekanik dan kawat baja kuat untuk merobohkan bagian struktur bangunan.

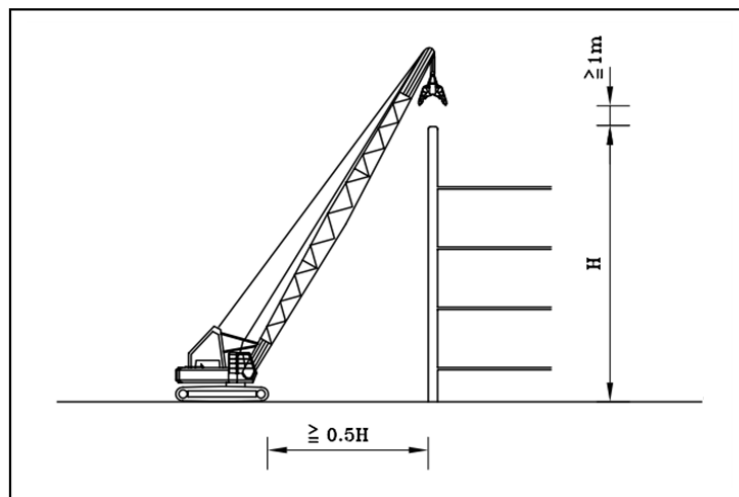


Gambar 2.9 Pembongkaran dengan *Wire Rope Pulling*

Sumber: Code of Practice for Demolition of Buildings (2004)
Standar Hongkong

f. Metode mekanikal dengan *clam shell*

Metode ini menggunakan *mobile crane* yang dilengkapi dengan alat *clam shell* untuk meremukkan struktur bangunan. Urutan pelaksanaan dengan metode ini dimulai dari bagian paling atas bangunan dan secara berurutan ke bagian di bawahnya.



Gambar 2.10 Pembongkaran dengan *Clam Shell*

Sumber: Code of Practice for Demolition of Buildings (2004)
Standar Hongkong

Dari keenam metode demolisi menggunakan peralatan mekanikal yang dijelaskan dalam Demolition Work Code of Practice (2004) standar Hongkong, kriteria yang membandingkan penerapan masing-masing metode secara mekanikal dapat dilihat dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.2 Perbandingan Metode Demolisi Standar Hongkong

Metode Kriteria	<i>Top-down</i> dengan Mesin	<i>Hydraulic Crusher with Long Boom Arm</i>	<i>Wrecking Ball</i>	<i>Pusher Arm</i>	<i>Wire Rope Pulling</i>	<i>Clam Shell</i>
Posisi peralatan	Dalam bangunan	Di luar	Di luar	Di luar	Di luar	Di luar
Arah pembongkaran	Dari lantai paling atas, dari bagian dalam ke luar bangunan	Dari bagian paling atas, dari bagian luar ke dalam bangunan	Dari bagian paling atas, dari bagian luar ke dalam bangunan	Dari bagian paling atas, dari bagian luar ke dalam bangunan	Dari bagian paling atas, dari bagian luar ke dalam bangunan	Dari bagian paling atas, dari bagian luar ke dalam bangunan
Syarat lokasi bangunan	Di mana saja	Area kosong minimal 0.5 x tinggi bangunan	- Terisolir - Di tengah lahan yang luas	- Terisolir - Di tengah lahan yang luas	- Terisolir - Di tengah lahan yang luas	- Terisolir - Di tengah lahan yang luas
Pengamanan bangunan	Dikelilingi jaring dan pagar	-	-	-	-	-
Teknik pembongkaran	Menghancurkan per bagian bangunan	Menghancurkan per bagian bangunan	Mengayunkan/ menjatuhkan bola besi	Mendorong/ menarik per bagian bangunan	Menarik per bagian bangunan	Menghancurkan per bagian bangunan
Jarak aman minimum (dengan bangunan)	-	0.5 x tinggi	0.5 x tinggi	Dorong: 0.5 x tinggi Tarik: 1.5 x tinggi	1.5 x tinggi	0.5 x tinggi
Tinggi maksimum bangunan	~	~	~	15 meter	15 meter	15 meter

Sumber: Demolition Work Code of Practice (2004) Standar Hongkong

Dengan menggabungkan pedoman metode demolisi standar Australia dan pedoman metode demolisi standar Hongkong, maka metode demolisi yang akan menjadi pokok bahasan dalam penelitian ini akan dikelompokkan menjadi empat macam, yaitu:

a. *Top-down* secara manual

Pada metode ini proses pembongkaran mengutamakan tenaga manusia dalam mengoperasikan peralatan tangan. Beberapa alat yang biasa digunakan untuk metode secara manual adalah palu, *jack hammer*, maupun *sledge hammer*.

b. *Top-down* menggunakan mesin

Penggunaan mesin dengan beberapa perangkat pada ujung lengan ayun yang dapat diganti sesuai dengan kebutuhan pembongkaran sebagai alat utama dalam membongkar bangunan. Metode ini memerlukan bantuan *mobile crane* ataupun *tower crane* untuk mengangkat mesin ke bagian paling atas bangunan untuk kemudian dioperasikan oleh operator yang berpengalaman.

c. Peralatan mekanikal

Yang termasuk dalam metode ini antara lain *hydraulic crusher with long boom arm*, *wrecking ball*, *pusher arm*, *wire rope pulling*, ataupun *clam shell*. Secara umum prinsip penggunaan mesin/peralatan berat dalam metode ini adalah pengoperasiannya dari tanah dengan jarak aman tertentu antara mesin dan bangunan yang akan dibongkar serta memanfaatkan penggunaan lengan ayun yang panjang sebagai alat bantu pembongkaran.

d. Bahan peledak

Metode ini memanfaatkan beban sendiri bangunan untuk meruntuhkan keseluruhan bangunan. Dengan menggunakan bahan peledak ataupun bahan kimia, dilakukan pengurangan kekuatan pada struktur utama bangunan di bagian bawah sehingga menjatuhkan bagian atas bangunan.

2.3 Jenis Bangunan

Dalam Undang-Undang Bangunan Gedung (2002) disebutkan bahwa bangunan gedung memiliki fungsi yang berbeda-beda. Berdasarkan fungsinya, bangunan gedung dapat dikelompokkan sebagai berikut:

Tabel 2.3 Jenis Bangunan Berdasarkan Fungsi

Fungsi Bangunan	Contoh
Hunian	Bangunan untuk rumah tinggal tunggal, rumah tinggal deret, rumah susun, dan rumah tinggal sementara.
Keagamaan	Masjid, gereja, pura, vihara, dan klenteng.
Usaha	Bangunan gedung untuk perkantoran, perdagangan, perindustrian, perhotelan, wisata dan rekreasi, terminal, dan penyimpanan.
Sosial dan Budaya	Bangunan gedung untuk pendidikan, kebudayaan, pelayanan kesehatan, laboratorium, dan pelayanan umum.
Khusus	Bangunan gedung untuk reaktor nuklir, instalasi pertahanan dan keamanan, dan bangunan sejenis yang diputuskan oleh Menteri.

Sumber: UU Bangunan Gedung (2002)

Suatu bangunan gedung dapat memiliki lebih dari satu fungsi atau kombinasi fungsi dalam bangunan gedung (UU Bangunan Gedung, 2002). Misalnya kombinasi fungsi hunian dan fungsi usaha, seperti bangunan gedung rumah-toko (ruko), rumah-kantor (rukan), apartemen-mal, dan hotel-mal, atau kombinasi fungsi-fungsi usaha, seperti bangunan gedung kantor-toko dan hotel atau mal.

Untuk memenuhi persyaratan teknis setiap fungsi bangunan supaya lebih efektif dan efisien, bangunan juga diklasifikasikan berdasarkan tingkat kompleksitas, tingkat permanensi, tingkat resiko kebakaran, zonasi gempa, lokasi, ketinggian, dan kepemilikan (PP Bangunan Gedung, 2005). Untuk lebih detailnya klasifikasi bangunan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.4 Klasifikasi Bangunan

Klasifikasi	Sub-klasifikasi	Keterangan
Tingkat Kompleksitas	Sederhana	Karakter, kompleksitas dan teknologi sederhana
	Tidak Sederhana	Karakter, kompleksitas dan teknologi

Klasifikasi	Sub-klassifikasi	Keterangan
		tidak sederhana
	Khusus	Penggunaan dan persyaratan khusus
Tingkat Permanensi	Permanen	Umur layanan di atas 20 tahun
	Semi-permanen	Umur layanan s.d. 10 tahun
	Darurat/Sementara	Umur layanan s.d. 5 tahun
Tingkat Resiko Kebakaran	Tinggi	Mudah terbakarnya tinggi
	Sedang	Mudah terbakarnya sedang
	Rendah	Mudah terbakarnya rendah
Zonasi Gempa	Zona 1	Daerah sangat aktif
	Zona 2	Daerah aktif
	Zona 3	Daerah lipatan dengan retakan
	Zona 4	Daerah lipatan tanpa retakan
	Zona 5	Daerah gempa kecil
	Zona 6	Daerah stabil
Lokasi	Lokasi Padat	Di pusat kota
	Lokasi Sedang	Di daerah permukiman
	Lokasi Renggang	Di daerah pinggiran kota
Ketinggian	Bertingkat Tinggi	Lebih dari 8 lantai
	Bertingkat Sedang	5 s.d. 8 lantai
	Bertingkat Rendah	s.d. 4 lantai
Kepemilikan	Milik Negara	
	Milik Badan Usaha	
	Milik Perorangan	

Sumber: PP Bangunan Gedung (2005)

Dalam klasifikasi bangunan di atas, disebutkan bahwa bangunan berlantai 4 termasuk bertingkat rendah, bangunan berlantai 5 sampai dengan 8 adalah sedang, kemudian bertingkat tinggi bila lebih dari 8 lantai. Berbeda halnya dengan Mulyono (2000) yang dalam mengelompokkan gedung bertingkat adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5 Karakteristik Gedung Bertingkat

Jenis Tingkat Bangunan	Jumlah Lantai	Tinggi Bangunan
Gedung Bertingkat Rendah (<i>Low Rise Building</i>)	1 – 3 lantai	< 10 m
Gedung Bertingkat Menengah (<i>Medium Rise Building</i>)	4 – 6 lantai	< 20 m
Gedung Bertingkat Tinggi (<i>High Rise Building</i>)	> 6 lantai	> 20 m

Sumber: Mulyono (2000)

2.4 *Analytic Hierarchi Process (AHP)*

2.4.1 Penggunaan Metode AHP

Metode AHP merupakan sebuah kerangka untuk pengambilan keputusan secara efektif terhadap persoalan yang kompleks dengan menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan. Hal ini dilakukan dengan membagi persoalan ke dalam bagian-bagiannya, menata bagian atau variabel ke dalam susunan hirarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subyektif tentang pentingnya setiap variabel dan mensintesis berbagai pertimbangan ini untuk mendapatkan variabel yang memiliki prioritas paling tinggi dan berpengaruh pada hasil tersebut (Rusli, 2013).

Menurut Mulyono (1999) dalam Rusli (2013), AHP digunakan untuk menentukan skala rasio baik dari perbandingan berpasangan yang diskret maupun kontinyu dan dapat diambil dari ukuran aktual atau dari skala dasar yang mencerminkan kekuatan perasaan dan prefensi relatif. AHP banyak ditemukan pada pengambilan keputusan untuk banyak kriteria, perencanaan/prediksi, alokasi sumber daya, penyusunan matriks input, koefisien, penentuan prioritas dari strategi-strategi yang dimiliki pemain dalam situasi konflik dan sebagainya. Golden (1989) dalam Nurfaida (2009) menganggap AHP sebagai analitik karena menggunakan nomor, hirarki menstrukturkan masalah kepada tingkat-tingkat tertentu,

serta suatu proses karena masalah tersebut ditangani langkah demi langkah.

Pada dasarnya, AHP dilakukan dengan cara memberi prioritas kepada alternatif yang penting dengan mengikuti kriteria yang telah ditetapkan. Lebih tepatnya, AHP memecah berbagai peringkat struktur hirarki berdasarkan tujuan, kriteria, subkriteria, dan pilihan atau alternatif (*decomposition*). AHP juga memperkirakan perasaan dan emosi sebagai pertimbangan dalam membuat keputusan. Suatu set perbandingan secara berpasangan (*pairwise comparison*) kemudian digunakan untuk menyusun peringkat elemen yang diperbandingkan (Wida Nurfaida, 2009).

Menurut Bhakti (2013), peralatan utama dari model AHP adalah sebuah hirarki fungsional dengan input utamanya adalah persepsi manusia yang dianggap *expert*. Kriteria *expert* yang dimaksud adalah mengacu pada orang yang memahami permasalahan yang diajukan, merasakan akibat atau mempunyai kepentingan terhadap masalah tersebut. Metode ini mampu memberikan kerangka untuk memecahkan masalah kompleks dan tidak berkerangka. Setelah satu permasalahan didefinisikan maka berikutnya adalah permasalahan tersebut akan dipecah-pecah menjadi unsur-unsurnya sehingga diperoleh tingkatan permasalahan tersebut.

2.4.2 Penyusunan Struktur Hirarki Masalah

Penyusunan hirarki masalah disusun dalam membantu proses pengambilan keputusan dengan memperhatikan seluruh kriteria keputusan yang ada dalam sistem.

Urutan dalam penyusunan struktur hirarki dimulai dengan tujuan atau sasaran dari penyusunan sistem yang dicari solusinya, berada pada urutan paling atas. Urutan di bawahnya merupakan kriteria-kriteria yang mempengaruhi pemilihan alternatif atau solusi yang diperlukan untuk meraih tujuan. Serta pada urutan terakhir adalah alternatif-alternatif yang salah satunya merupakan pilihan terbaik yang dibutuhkan untuk mencapai sasaran.

2.4.3 Penyusunan Prioritas

Untuk mengetahui tingkat kepentingan setiap kriteria yang mempengaruhi pemilihan alternatif maka diperlukan untuk membandingkan antara satu sama lain. Menurut Rusli (2009), dalam menentukan prioritas kriteria adalah menyusun perbandingan berpasangan. Yaitu dengan membandingkan dalam bentuk berpasangan seluruh kriteria untuk setiap sub bab sistem hirarki, kemudian dinyatakan ke dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan untuk dilakukan analisis numerik.

Tabel 2.6 Contoh Matriks Perbandingan Berpasangan

C	A_1	A_2	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}

Nilai a_{12} adalah perbandingan kriteria A_2 (baris) terhadap A_1 (kolom) yang menyatakan hubungan:

- Seberapa jauh tingkat kepentingan kriteria A_2 (baris) bila dibandingkan dengan A_1 (kolom), atau
- Seberapa jauh A_2 (baris) mendominasi A_1 (kolom).

Penilaian untuk menyatakan tingkat perbandingan seluruh kriteria diperoleh dari skala perbandingan yang dikembangkan oleh Saaty dan akan dijelaskan pada bab selanjutnya. Saaty menyusun angka-angka absolut sebagai skala penilaian berdasarkan kemampuan manusia untuk menilai secara kualitatif dengan melalui ungkapan sama, lemah, kuat, amat kuat, dan absolut atau ekstrim (Rusli, 2013).

Dalam penilaian kepentingan relatif dua kriteria berlaku aksioma *reciprocal* dimana jika elemen i memiliki nilai 3 kali lebih penting daripada nilai kriteria j maka nilai j harus sama dengan $1/3$ kali pentingnya dibandingkan i . Perbandingan dua kriteria yang sama akan menghasilkan angka 1 atau sama penting. Jika terdapat sejumlah n kriteria, maka akan

dibutuhkan matriks berpasangan $n \times n$. Sedangkan banyaknya penilaian yang diperlukan dalam penyusunan matriks adalah $\frac{n(n-1)}{2}$ karena matriksnya *reciprocal* dan nilai diagonal antar kriteria yang sama adalah 1.

2.5 Penelitian Terdahulu

Islami (2014) meneliti metode demolisi yang paling efisien pada gedung Pasar Turi Surabaya yang sebelumnya mengalami kebakaran beberapa kali dengan menggunakan metode *top-down manual*, *top-down by machine* dan mekanikal berdasarkan Code of Practice for Building Demolition (2004) standar Hongkong. Metodologi penelitian yang dilakukan adalah survei pendahuluan, studi literatur, pengumpulan data visual bangunan, data harga material dan upah tenaga kerja, serta data hasil uji material struktur bangunan. Ketiga metode dianalisa menggunakan *traffic analysis* untuk mendapatkan metode yang paling sesuai untuk diterapkan dan dilakukan perhitungan biaya terhadap volume material yang tersisa, biaya tenaga kerja, biaya sewa peralatan, biaya administrasi dan perbaikan lingkungan, serta biaya pembongkaran dengan metode yang sudah dipilih. Hasilnya yang didapatkan adalah dipilih satu metode yang paling sesuai untuk diterapkan dalam demolisi gedung Pasar Turi dengan nilai biaya tertentu sesuai dengan sisa material yang bisa diselamatkan dan biaya total dari pelaksanaan metode yang dipilih.

Arham (2003) meneliti pemilihan metode demolisi yang tepat dengan menggabungkan pengetahuan dari para ahli untuk diaplikasikan pada struktur bangunan tertentu. Beberapa metode yang dibahas adalah demolisi menggunakan mesin/peralatan berat, peralatan tangan, bahan kimia, dan demolisi menggunakan semprotan air bertekanan tinggi. Metodologi penelitian yang dilakukan adalah studi literatur, survei industri melalui pengiriman kuisisioner dengan pos, dan wawancara semi-terstruktur. Data yang terkumpul dianalisis dalam dua tahap yaitu pertama dengan *analytic hierarchy process* (AHP) untuk mendapatkan metode pembongkaran yang paling tepat, dan yang kedua menggunakan *demolition cost estimation model* untuk mendapatkan metode pembongkaran yang paling efisien. *Prototype* ini diterapkan serta dievaluasi selama dan setelah proses

demolisi untuk meningkatkan validitasnya. Dari kedua metode ini diperoleh kombinasi antara penerapan metode pembongkaran yang paling tepat dan dengan biaya yang efisien. Hasil yang didapatkan berupa sebuah kerangka yang sistematis dan terstruktur dalam memberikan keputusan rasional pada pemilihan metode demolisi bangunan yang sesuai dengan kondisi proyek dengan jumlah biaya tertentu. Selain itu hasilnya juga dapat sebagai bahan pengajaran bagi para profesional muda yang datang ke industri pembongkaran dengan memberikan informasi dasar dan pemahaman tentang pembongkaran, serta sebagai alat bantu pemasaran bagi kontraktor kepada klien dalam memenangkan sebuah proyek pembongkaran.

Coelho (2009), menganalisis penerapan metode demolisi secara konvensional yang dibandingkan dengan metode demolisi secara selektif. Metodologi penelitian yang dilakukan adalah melalui studi literatur dan studi kasus terhadap dua metode pembongkaran yang berbeda dengan dilakukan pendekatan dan implikasinya dalam segi ekonomi. Dengan adanya variasi nilai ekonomi di setiap daerah dan kendala keuangan dan peraturan pemerintah, maka dipilih pertimbangan nilai ekonomi dalam pasar bebas. Hasil yang diperoleh adalah beberapa pihak mendukung adanya penerapan demolisi secara selektif dengan mempertimbangkan bagian-bagian bangunan yang dapat memberi nilai ekonomis bila dimanfaatkan ulang. Hal ini berarti demolisi secara konvensional dengan menghancurkan keseluruhan bangunan merupakan metode yang kurang memberi nilai ekonomis dilihat dari segi sisa material yang dihasilkan.

Dari beberapa penelitian terdahulu, dapat dibandingkan beberapa aspek penelitian yang dilakukan oleh setiap peneliti, yaitu:

Tabel 2.7 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Kriteria Peneliti	Metode Demolisi	Metodologi Penelitian	Metode Analisis	Analisa Pemilihan Metode	Hasil Penelitian
Islami (2014)	1. <i>Top-down manual</i> 2. <i>Top-down by machine</i> 3. Mekanikal	1. Survey pendahuluan 2. Studi literatur 3. Pengumpulan data: - visual bangunan - harga material - upah tenaga kerja - hasil uji material struktur bangunan	1. <i>Traffic analysis</i> 2. Perhitungan biaya: - volume sisa material - tenaga kerja, - sewa peralatan, - administrasi dan perbaikan lingkungan, - pembongkaran	1. Lokasi - Hubungan dengan masyarakat - Luas lantai dan jumlah tingkat 2. Struktur dan material - Jenis struktur - Material sisa 3. Peralatan - Ketersediaan - Akses ke lokasi - Peralatan pendukung 4. Polusi (bising, debu, getaran, proteksi bangunan)	Diperoleh metode pembongkaran yang sesuai dan rincian biaya yang dikeluarkan.

Kriteria Peneliti	Metode Demolisi	Metodologi Penelitian	Metode Analisis	Analisa Pemilihan Metode	Hasil Penelitian
Arham (2003)	1. <i>By machines</i> 2. <i>By hand</i> 3. <i>By chemical agents</i> 4. <i>High pressure water jetting</i>	1. Studi literature 2. Survey industri (kuisisioner) 3. Wawancara semi-terstruktur	1. <i>Analytic hierarchy process</i> (AHP) 2. <i>Demolition cost estimation model</i>	1. Karakteristik struktur (tinggi, tipe, stabilitas, tingkat pembongkaran, dan penggunaan struktur sebelumnya) 2. Kondisi lokasi (kesehatan dan keselamatan, kebisingan, kedekatan bangunan lain, akses lokasi) 3. Pengalaman sebelumnya (kebiasaan dengan teknik tertentu, ketersediaan tenaga ahli dan peralatan) 4. Sisa material (daur ulang dan penggunaan material kembali) 5. Waktu dan biaya	Diperoleh kombinasi metode pembongkaran yang bervariasi dengan tingkat biaya tertentu.

Kriteria Peneliti	Metode Demolisi	Metodologi Penelitian	Metode Analisis	Analisa Pemilihan Metode	Hasil Penelitian
Coelho (2009)	1. <i>Fully demolition</i> (konvensional) 2. <i>Selective demolition</i> (dekonstruksi)	1. Studi literatur 2. Studi kasus proyek regenerasi permukiman	Analisis statistik biaya rata-rata yang diperlukan setiap metode masing-masing lima proyek pembongkaran	1. Biaya instalasi lokasi 2. Upah pekerja langsung 3. Upah pekerja tak langsung 4. Biaya pengoperasian peralatan 5. Biaya transportasi material sisa 6. Nilai material sisa pembongkaran	<i>Selective demolition</i> meski memiliki biaya sedikit lebih mahal dari konvensional namun pertimbangan unsur ekonomis dari sisa pembongkaran.

2.6 Posisi Penelitian

Penelitian ini mengidentifikasi beberapa metode demolisi beserta kriteria-kriteria penilaian di dalamnya terkait dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing kemudian disimulasikan pada jenis bangunan dan kondisi lokasi atau karakteristik proyek yang berbeda untuk dapat memperoleh metode yang paling sesuai dengan jenis proyek tertentu. Penelitian ini tidak hanya mengambil satu dari tiga metode pembongkaran kemudian dihitung biayanya seperti pada penelitian Islami (2014) atau membandingkan dua metode pembongkaran secara makro dari segi ekonomis (Coelho, 2009).

Metode yang dipilih dalam penelitian ini adalah metode yang terdapat pada pedoman pelaksanaan pembongkaran standar Hongkong dan Australia, sehingga tidak mencantumkan metode penyemprotan air bertekanan tinggi seperti dalam penelitian Arham (2003).

Kriteria penilaian diambil dari beberapa penelitian terdahulu dengan mengelompokkan kriteria-kriteria yang sejenis, yaitu:

- Kriteria “ketersediaan peralatan” dalam penelitian Islami (2013) dengan kriteria “pengalaman sebelumnya” dalam Arham (2003) digabung menjadi Ketersediaan Sumber Daya karena menentukan ada atau tidaknya peralatan dan pengalaman untuk pekerjaan demolisi.
- Kriteria “lokasi” dan “polusi” dalam penelitian Islami (2013) dengan kriteria “kondisi lokasi” pada penelitian Arham (2003) digabung ke dalam kriteria Resiko dan Dampak karena dianggap berpengaruh erat terhadap lingkungan sekitar proyek.
- Kriteria “struktur dan material” dalam Islami (2013) digabung dengan “karakteristik struktur” dan “sisa material” pada penelitian Arham (2003) menjadi Sisa Material karena dianggap penerapan metode akan mempengaruhi peruntukkan sisa bongkaran.
- Waktu masuk ke dalam satu kriteria tersendiri karena dianggap memiliki pengaruh besar dalam pelaksanaan demolisi.
- Kriteria terakhir adalah Biaya yang diambil dari penelitian Arham (2003) yang menghitung biaya ketika sudah diperoleh metode yang paling tepat, dan Coelho (2009) yang sengaja melihat pekerjaan demolisi dari segi ekonomi

dengan membandingkan *selective demolition* yang memperhitungkan nilai material sisa bongkaran dan *conventional demolition* tujuannya hanya menghancurkan bangunan.

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data melalui kuisioner yang disebarkan kepada para *project manager* dan praktisi yang berpengalaman melakukan pekerjaan demolisi sebagai responden, yang dihadapkan dalam beberapa karakteristik proyek yang berbeda untuk mendapatkan metode yang paling sesuai kemudian hasilnya disimulasikan dalam suatu studi kasus proyek demolisi. Berbeda dengan penelitian Islami (2014) yang meneliti pada satu kondisi proyek saja, atau beberapa contoh proyek pembongkaran bangunan dengan karakteristik sejenis (Coelho, 2009), atau juga penelitian Arham (2003) dengan menggali informasi melalui penyebaran kuisioner kepada responden.

Tabel 2.8 Posisi Penelitian

Penelitian Terdahulu	Metode Demolisi	Kriteria Pemilihan Metode Demolisi	Simulasi Proyek
Islami (2014)	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Top-down</i> secara manual - <i>Top-down</i> menggunakan mesin - Mekanikal 	<ul style="list-style-type: none"> - Lokasi - Struktur dan material - Peralatan - Polusi 	Satu lokasi proyek
Arham (2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Peralatan berat/mesin - Peralatan tangan - Bahan kimia - Semprotan air tekanan tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Karakteristik struktur - Kondisi lokasi - Pengalaman sebelumnya - Sisa material - Waktu dan biaya 	Satu lokasi proyek
Coelho (2003)	<ul style="list-style-type: none"> - Konvensional/hancur total - Selektif 	<ul style="list-style-type: none"> - Biaya instalasi - Upah pekerja - Biaya operasional - Biaya transportasi - Nilai material sisa 	Beberapa proyek sejenis
Posisi Penelitian	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Top-down</i> secara manual - <i>Top-down</i> menggunakan mesin - Peralatan mekanikal - Bahan peledak 	<ul style="list-style-type: none"> - Ketersediaan sumber daya - Tingkat resiko dan dampak - Jumlah sisa material - Waktu penyelesaian - Biaya 	Satu lokasi proyek

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

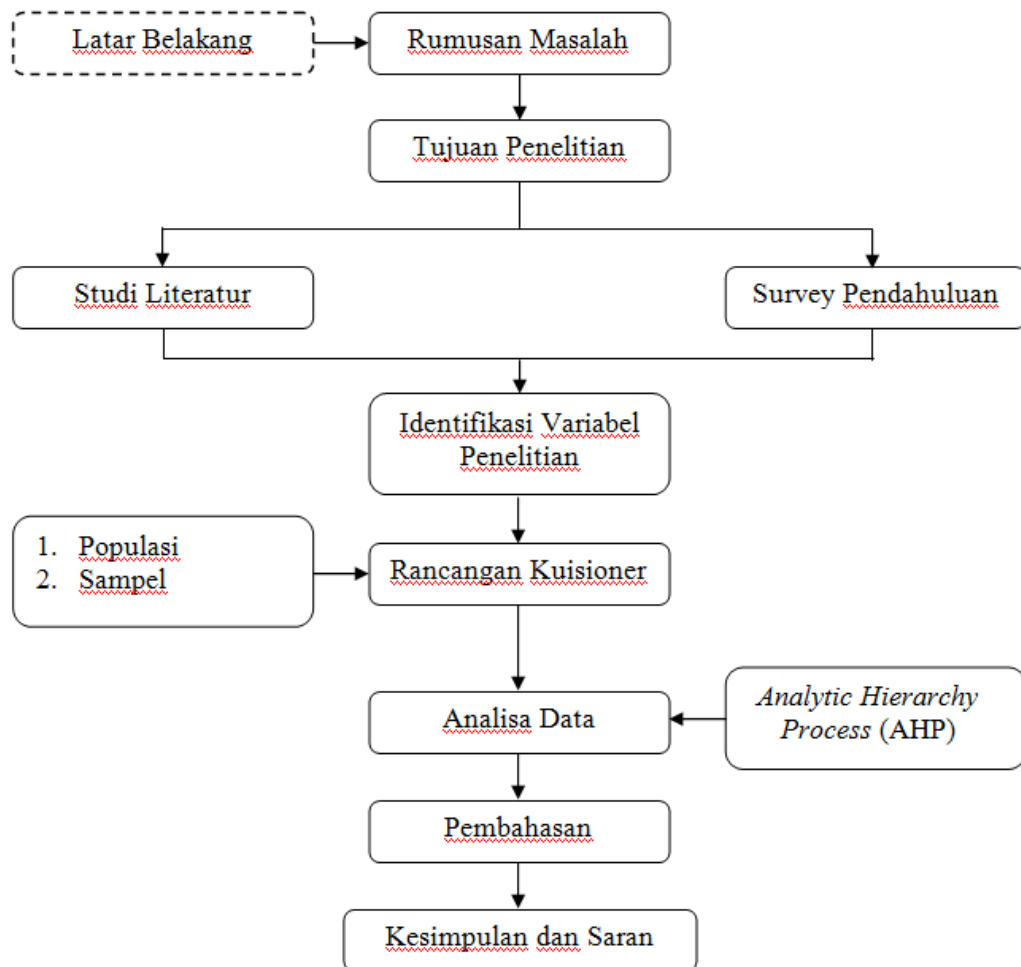
Metode penelitian atau metodologi penelitian adalah cara-cara yang digunakan oleh peneliti dalam merancang, melaksanakan, mengolah data, dan menarik kesimpulan berkenaan dengan masalah penelitian tertentu (Sukmadinata, 2008). Berdasarkan tujuan umumnya, penelitian dibedakan menjadi penelitian eksploratif, penelitian pengembangan, dan penelitian verifikatif.

- a. Penelitian eksploratif adalah penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengeksplorasi fenomena yang menjadi sasaran penelitian.
- b. Penelitian pengembangan merupakan penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan suatu konsep atau prosedur tertentu.
- c. Penelitian verifikatif adalah penelitian yang dilakukan dengan tujuan untuk membuktikan kebenaran suatu teori pada waktu dan tempat tertentu.

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksploratif karena adanya keterbatasan informasi mengenai situasi yang dihadapi dan isu penelitian sejenis yang diselesaikan di masa lalu terkait faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan dalam memilih metode pembongkaran bangunan di mana perbedaan karakteristik bangunan sangat mempengaruhi metode yang akan diterapkan.

3.2 Alur Penelitian

Untuk memudahkan dalam melaksanakan penelitian terhadap model pengambilan keputusan pemilihan metode pembongkaran yang disesuaikan dengan karakteristik proyek, maka disusun diagram alir sebagai urutan proses penelitian seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

- Menyusun rumusan masalah berdasarkan latar belakang dengan mengidentifikasi metode demolisi yang paling efektif sesuai dengan jenis bangunan dan kondisi lokasi yang berbeda-beda.
- Tujuan penelitian ditentukan dengan maksud untuk menjadi hasil atau *output* dari dilakukannya penelitian ini, yaitu sebuah model pengambilan keputusan dalam memilih metode pembongkaran yang efektif untuk diterapkan berdasarkan karakteristik proyek yang berbeda-beda. Model tersebut merupakan kumpulan dari beberapa metode demolisi di mana masing-masingnya merupakan cara terbaik dalam membongkar bangunan dengan

karakteristik tertentu. Sehingga akan diperoleh kemungkinan penerapan metode yang berbeda untuk karakteristik bangunan berbeda pula.

- c. Studi literatur dilakukan dengan menghimpun teori-teori tentang pembongkaran bangunan serta contoh kasus pembongkaran bangunan baik yang dilaksanakan di dalam maupun di luar negeri untuk digunakan sebagai sumber pembahasan metode dan metode yang akan diteliti.
- d. Survei pendahuluan dilakukan kepada beberapa praktisi di bidang konstruksi untuk menghimpun gambaran umum terhadap pelaksanaan pembongkaran bangunan yang dilaksanakan di Surabaya.
- e. Identifikasi variabel penelitian berdasarkan hasil studi literatur dan survei pendahuluan yang kemudian dikelompokkan menjadi beberapa bagian sesuai dengan aspek yang berpengaruh dalam penelitian.
- f. Rancangan kuisisioner disusun sesuai dengan hasil identifikasi variabel penelitian yang telah dikelompokkan serta penetapan populasi, sampel dan jumlah sampel serta melakukan distribusi kuisisioner. Detail kuisisioner selanjutnya akan disusun pada subbab berikutnya.
- g. Analisa data dilakukan dengan menggunakan *analytic hierarchy process* (AHP) untuk menentukan bobot setiap kriteria penilaian yang diteliti dan mendapatkan kecenderungan pemilihan metode pembongkaran sesuai dengan masing-masing karakteristik proyek.
- h. Melakukan pembahasan terhadap hasil analisis metode-metode pembongkaran dengan karakteristik proyek yang terkait.
- i. Menyimpulkan hasil akhir dan menyampaikan saran untuk penelitian yang sudah dilakukan.

Diharapkan dari penelitian ini akan diperoleh metode demolisi yang paling efektif sesuai dengan karakteristik proyek yang telah dikelompokkan menjadi delapan tipe pada tabel 3.1. Besar kemungkinan terdapat perbedaan penerapan metode demolisi antara proyek satu dengan yang lain karena adanya pertimbangan untuk mengutamakan beberapa kriteria pada tabel 3.4 yang dianggap lebih penting dan memiliki pengaruh yang lebih besar pada proses pembongkaran.

Sebagai contoh, untuk proyek yang berlokasi di daerah yang padat kemudian tipe bangunannya sederhana dan tidak mengandung bahan beracun berbahaya, maka dapat dibongkar dengan menggunakan peralatan mekanikal. Dengan peralatan yang mudah didapat, biaya yang murah, waktu yang singkat dan sebagian sisa material dapat digunakan kembali pada lokasi tersebut, maka metode ini sesuai untuk diterapkan meskipun menimbulkan debu dan bising di sekitar lokasi. Berbeda bila menerapkan penggunaan bahan peledak karena akan membahayakan bangunan dan warga di sekitar lokasi.

Kesimpulan tersebut akan diperoleh setelah dilakukan pengolahan data yang melibatkan pendapat dari para praktisi dan *project manager* sebagai orang yang dianggap *expert* atau memahami, merasakan akibat atau memiliki kepentingan terhadap dilakukannya pembongkaran bangunan.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Menurut Sugiyono (2005), data primer merupakan data yang diperoleh dari sumber langsung kemudian diobservasi dan dicatat saat pertama kali. Sebagai sebuah studi eksploratif, data primer pada penelitian ini diambil dari pelaksanaan survey pendahuluan terhadap beberapa praktisi dengan data yang diperoleh berupa opini, pendapat dan pengalaman dalam pelaksanaan pembongkaran bangunan. Selain itu, pada saat pelaksanaan penelitian juga akan dilakukan penyebaran kuisioner kepada para *project manager* dan praktisi yang berpengalaman atau yang dianggap *expert* dalam pekerjaan demolisi yang hasilnya akan diolah lebih lanjut.

Sedangkan data sekunder adalah data yang berbentuk naskah atau dokumen yang telah diolah lebih lanjut dan disajikan oleh pihak tertentu (Sugiyono, 2005). Studi literatur dari berbagai sumber dilakukan untuk mengumpulkan dasar teori dan pemahaman umum serta variabel-variabel penelitian terdahulu.

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan tujuan untuk mengumpulkan teori dan pengertian umum yang terkait dengan demolisi bangunan, data sekunder berupa kriteria-kriteria yang mempengaruhi pemilihan metode pembongkaran serta jenis dan karakteristik bangunan. Data sekunder diperoleh dengan mengkaji literatur dan beberapa penelitian terdahulu baik yang dilaksanakan di dalam maupun luar negeri serta jurnal internasional.

a. Kriteria penilaian metode demolisi

Dari studi literatur diperoleh beberapa kriteria yang masing-masing memiliki pengaruh terhadap pertimbangan pengambilan keputusan dalam memilih metode demolisi yaitu:

- 1) Sumber daya, meliputi:
 - Ketersediaan peralatan dan bahan
 - Ketersediaan tenaga ahli/pekerja/operator
- 2) Resiko dan dampak, meliputi:
 - K3 bagi pekerja
 - Getaran
 - Tingkat kebisingan
 - Proteksi Bangunan
 - Debu
- 3) Sisa material, meliputi:
 - Dibuang
 - Didaur ulang
- 4) Waktu pembongkaran, meliputi:
 - Pembongkaran penutup atap
 - Pembongkaran struktur utama
 - Pembongkaran penutup dinding
- 5) Biaya, meliputi:
 - Transportasi peralatan
 - Upah pekerja/operator
 - Sewa peralatan

b. Karakteristik Proyek

Pada Subbab 2.3, berdasarkan fungsinya dalam UU Bangunan Gedung (2002), bangunan dapat dikelompokkan menjadi bangunan untuk

hunian, keagamaan, usaha, sosial dan budaya, serta bangunan untuk fungsi khusus. Namun setelah dicermati, jika dilihat berdasarkan bahan yang terkandung di dalam bangunan tersebut bila tersebar ke udara maka metode demolisi akan dipengaruhi oleh bangunan yang:

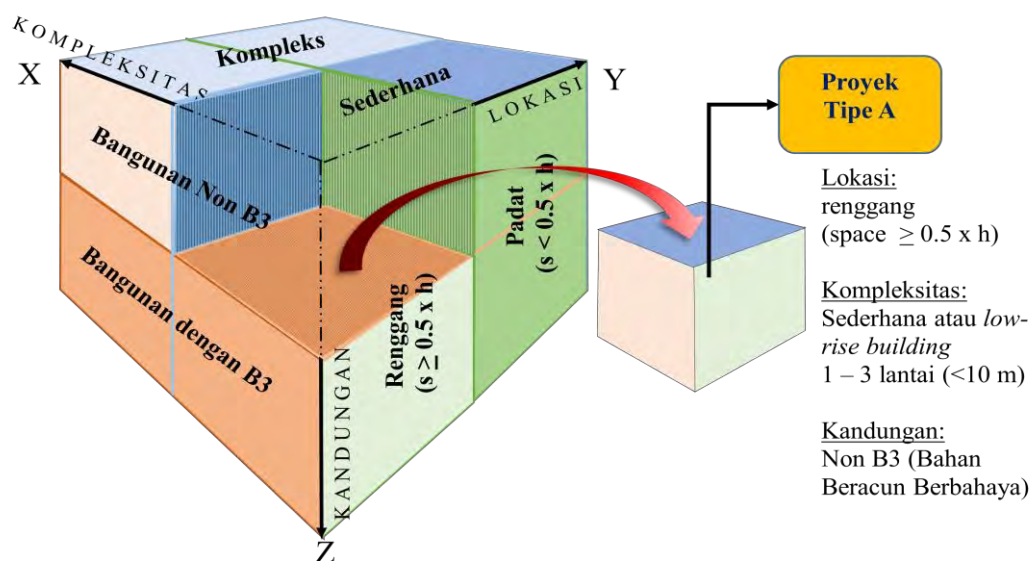
- 1) mengandung bahan berbahaya bagi kesehatan, dan
- 2) tidak mengandung berbahaya bagi kesehatan.

Untuk memenuhi persyaratan teknis setiap fungsi bangunan supaya lebih efektif dan efisien, bangunan juga diklasifikasikan berdasarkan tingkat kompleksitas, tingkat permanensi, tingkat resiko kebakaran, zonasi gempa, lokasi, ketinggian, dan kepemilikan (PP Bangunan Gedung, 2005). Namun bila dikaitkan dengan metode pelaksanaan demolisi bangunan berdasarkan Code of Practice for Demolition of Buildings standar Hongkong, maka pemilihan metode juga dipengaruhi oleh kondisi bangunan berdasarkan:

- 1) tingkat kompleksitas atau ketinggian bangunan, yaitu
 - bangunan sederhana atau *low-rise building*
 - bangunan tidak sederhana dan khusus atau *high-rise building*
- 2) lokasi, yaitu
 - padat (jarak antar bangunan $< 0.5 \times$ tinggi bangunan)
 - renggang (jarak antar bangunan $\geq 0.5 \times$ tinggi bangunan)

Standar pengelompokkan jenis bangunan berdasarkan tingkat atau ketinggiannya oleh Mulyono (2000) lebih rendah daripada yang dijelaskan dalam PP Bangunan Gedung (2005). Hal ini dapat menjadi acuan dalam mengantisipasi lebih dini terhadap timbulnya resiko pada pelaksanaan demolisi.

Dari hasil pengelompokkan jenis bangunan di atas, maka dapat diperoleh karakteristik proyek sebagai berikut:



Gambar 3.2 Karakteristik Proyek

Secara keseluruhan akan diperoleh 8 (delapan) karakteristik proyek yang dilihat berdasarkan lokasi atau kedekatan bangunan yang akan dibongkar dengan bangunan lain, kompleksitas struktur bangunan yang berkaitan erat dengan jumlah lantai atau tinggi bangunan (*low-rise* dan *high-rise*), serta bahan beracun berbahaya (B3) yang terkandung di dalam bangunan dikarenakan peruntukkan bangunan. Apabila diuraikan ke dalam tabel, maka akan diperoleh pengelompokkan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Karakteristik Proyek

Tipe	Keterangan
A	Lokasi : Renggang ($space \geq 0.5 \times h$) Kompleksitas : Sederhana atau <i>low-rise building</i> 1 – 3 lantai (<10 m) Kandungan : Non B3
B	Lokasi : padat ($space < 0.5 \times h$) Kompleksitas : Sederhana atau <i>low-rise building</i> 1 – 3 lantai (<10 m) Kandungan : Non B3
C	Lokasi : Renggang ($space \geq 0.5 \times h$) Kompleksitas : Sederhana atau <i>low-rise building</i> 1 – 3 lantai (<10 m) Kandungan : Mengandung B3

Tipe	Keterangan
D	Lokasi : Padat ($space < 0.5 \times h$) Kompleksitas : Sederhana atau <i>low-rise building</i> 1 – 3 lantai (< 10 m) Kandungan : Mengandung B3
E	Lokasi : Renggang ($space \geq 0.5 \times h$) Kompleksitas : Kompleks atau <i>high-rise building</i> > 3 lantai (> 10 m) Kandungan : Non B3 (bahan beracun berbahaya)
F	Lokasi : Padat ($space < 0.5 \times h$) Kompleksitas : Kompleks atau <i>high-rise building</i> > 3 lantai (> 10 m) Kandungan : Non B3 (bahan beracun berbahaya)
G	Lokasi : Renggang ($space \geq 0.5 \times h$) Kompleksitas : Kompleks atau <i>high-rise building</i> > 3 lantai (> 10 m) Kandungan : Mengandung B3
H	Lokasi : Padat ($space < 0.5 \times h$) Kompleksitas : Kompleks atau <i>high-rise building</i> > 3 lantai (> 10 m) Kandungan : Mengandung B3

c. Metode demolisi

Metode demolisi yang akan dibahas dalam penelitian ini diperoleh dari mengkaji dua pedoman demolisi yaitu standar Australia dan standar Hongkong. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada Subbab 2.2, metode demolisi dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi empat, yaitu:

- 1) *Top-down* secara manual;
- 2) *Top-down* menggunakan mesin;
- 3) Peralatan mekanikal; dan
- 4) Bahan peledak.

3.3.2 Survey Pendahuluan

Survey pendahuluan dilakukan terhadap para praktisi dengan tujuan untuk memperoleh gambaran umum terhadap pelaksanaan pembongkaran bangunan di Surabaya ataupun pengalaman para praktisi

melakukan pembongkaran bangunan di lokasi lain. Survey pendahuluan dilakukan dengan penyebaran kuisisioner pendahuluan yang berisi data gedung yang dibongkar, metode pelaksanaan yang dipilih, serta alat yang digunakan pada pekerjaan tersebut.

Tabel 3.2 Beberapa Proyek Pembongkaran di Surabaya

No.	Lokasi	Bangunan Sebelumnya	Metode	Narasumber
1.	Jl. Margorejo Indah	Gd. Kantor Berita (2 lantai)	Kombinasi penggunaan excavator dan peralatan tangan	Mandor, Pelaksana Lapangan (PT. Mukti Adhi Sejahtera)
2.	Jl. Ketintang	Gd. Kuliah (1 lantai), kantin dan bangunan parkir mobil (garasi)	Manual dengan peralatan tangan	Pengawas Lapangan (CV. Mitra Karsa Utama)
3.	Jl. Ketintang	Gd. Kuliah (1 lantai) dibongkar sebagian untuk ditambah struktur utama	Manual dengan peralatan tangan	Pelaksana Lapangan (CV. Mutiara Prima)
4.	Jl. Kertajaya	Studio RCTI	Manual dengan peralatan tangan dan mesin <i>jack hammer</i>	Pelaksana Lapangan (PT. Tata Mulia)

3.3.3 Penyebaran Kuisisioner

Penyebaran kuisisioner dilakukan kepada para pakar di bidang konstruksi maupun para *project manager* yang memiliki pengalaman melakukan pekerjaan pembongkaran bangunan. Kuisisioner berisi pertanyaan umum terkait aspek-aspek yang mempengaruhi pemilihan metode pembongkaran dengan skala pengukuran tertentu untuk memudahkan responden dalam memberikan penilaian.

Selain melakukan penyebaran kuisioner, akan dilakukan juga wawancara kepada para pakar tersebut untuk mendapatkan informasi yang lebih luas sekaligus pendapat dari setiap responden terhadap metode pembongkaran yang ada beserta kelebihan dan kekurangan masing-masing metode.

3.4 Rancangan Kuisioner

Penelitian ini akan menggunakan data primer yang berupa pendapat, opini dan pengalaman dari para project manager atau praktisi dalam melaksanakan pekerjaan pembongkaran atau demolisi. Data diperoleh dengan cara survei kepada para responden sesuai dengan sasaran dalam penelitian ini untuk mendapatkan hasil data yang valid untuk diolah kemudian.

Survei dilakukan dengan menyebarkan kuisioner kepada beberapa sampel untuk menyaring informasi yang mencerminkan populasi yang dimaksud. Dikarenakan perlunya memberi prioritas kepada kriteria yang telah ditetapkan dan perlunya memperkirakan perasaan dan emosi sebagai pertimbangan dalam membuat keputusan sebagaimana disampaikan oleh Nurfarida (2009), maka rancangan kuisioner disusun berdasarkan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yang dikembangkan oleh Saaty (1994) dengan hirarki dalam penelitian ini disusun berdasarkan hasil studi literatur pada Subbab. 3.3.1. Dalam penerapannya, AHP menggunakan peralatan utama berupa persepsi manusia yang dianggap *expert* atau orang yang memahami, merasakan akibat atau memiliki kepentingan terhadap masalah yang diajukan sebagaimana yang disampaikan oleh Bhakti (2013).

3.4.1 Susunan Hirarki

Hirarki disusun dengan tujuan untuk menjelaskan masalah secara terstruktur sehingga mudah dipahami. Dalam hal ini adalah model pengambilan keputusan dalam memilih metode demolisi yang paling sesuai dengan karakteristik proyek.

Urutan hirarki dalam penelitian ini dari paling atas adalah 8 (delapan) karakteristik proyek sebagai tujuan yang akan dicapai, kemudian kriteria penilaian yang terdiri dari ketersediaan sumber daya, resiko dan dampak, sisa material, waktu penyelesaian, serta biaya. Dan pada urutan paling bawah terdapat empat macam metode demolisi sebagai alternatif yang akan dipilih untuk diterapkan dalam karakteristik proyek tertentu.

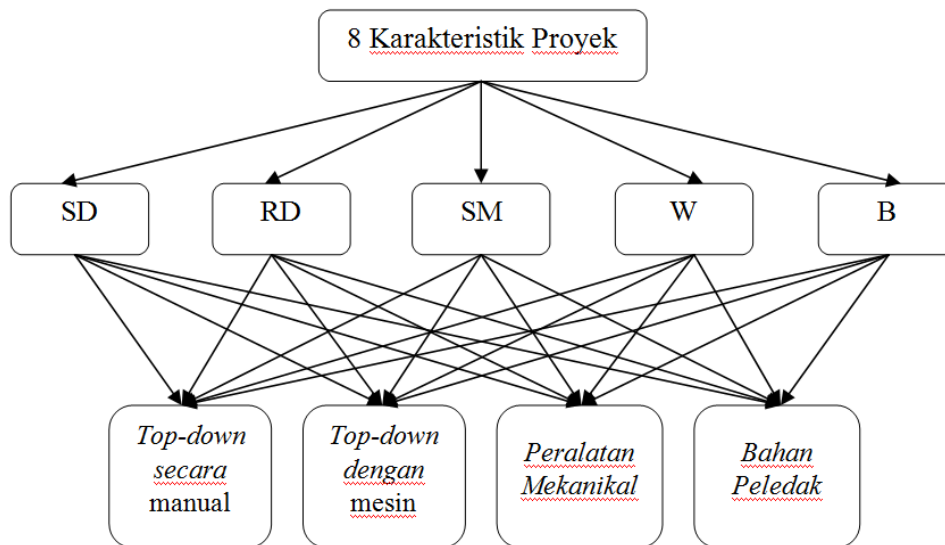
Dekomposisi masalah dalam penyusunan hirarki pada pemilihan metode demolisi adalah sebagai berikut:

Tujuan (hirarki I) : Lokasi dan karakteristik bangunan yang akan didemolisi (Karakteristik Proyek)

Kriteria (hirarki II) : 1. Ketersediaan sumber daya
2. Tingkat resiko dan dampak
3. Jumlah sisa material
4. Waktu penyelesaian
5. Biaya

Alternatif (hirarki III) : 1. *Top-down* secara manual
2. *Top-down* dengan mesin
3. Peralatan mekanikal
4. Bahan peledak

Berdasarkan dekomposisi masalah di atas, maka dapat disusun bagan hirarki sebagai berikut:



Gambar 3.3 Model Hirarki Pemilihan Metode Demolisi

Keterangan gambar:

- SD : Ketersediaan Sumber Daya baik peralatan maupun tenaga ahli
- RD : Tingkat Resiko dan Dampak yang meliputi K3 bagi pekerja, kebisingan, debu, getaran dan proteksi bangunan
- SM : Jumlah Sisa Material yang dibuang maupun untuk dipakai ulang
- W : Waktu Penyelesaian, dari persiapan, pelaksanaan dan pembersihan
- B : Biaya yang meliputi transportasi peralatan, upah pekerja/operator, dan pembuangan limbah/bongkaran.

3.4.2 Format Kuisisioner

Kuisisioner ini terbagi ke menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu:

a. Bagian A

Berisi pertanyaan seputar profil responden dan perusahaan.

b. Bagian B

Berisi uraian singkat tentang pengelompokan jenis atau karakteristik proyek dan metode demolisi yang akan diteliti untuk menyamakan persepsi penelitian dengan praktek di lapangan.

c. Bagian C

Merupakan kuisisioner utama, berisi kriteria penilaian yang terdiri dari ketersediaan sumber daya (peralatan dan tenaga kerja), tingkat resiko dan dampak, sisa material (untuk dibuang atau dipakai ulang), waktu penyelesaian (persiapan, pelaksanaan dan pembersihan), serta biaya (transportasi alat, upah, dan biaya pembuangan limbah) yang memengaruhi pengambilan keputusan pemilihan metode demolisi yang diformulasikan sebagai perbandingan berpasangan berdasarkan kepentingan antar-kriteria.

Format kuisisioner dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.4.3 Skala pengukuran

Untuk memudahkan para responden memberikan penilaian terhadap setiap variabel atau kriteria dalam kuisisioner maka digunakan skala perbandingan berpasangan sesuai dengan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Dengan skala ini para responden cukup memberikan tanda silang pada setiap pilihan tingkat penilaian yang dikehendakinya.

Tabel 3.3 Skala Nilai Perbandingan Berpasangan

Skala	Definisi	Penjelasan
1	Sama penting	Kedua kriteria mempunyai pengaruh yang sama
3	Sedikit lebih penting	Pengalaman dan penilaian sedikit memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
5	Lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
7	Sangat penting	Satu elemen sangat disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata, dibandingkan dengan elemen pasangannya
9	Mutlak lebih penting	Satu elemen terbukti mutlak lebih disukai dibandingkan dengan pasangannya, pada tingkat keyakinan tertinggi

Skala	Definisi	Penjelasan
2, 4, 6, 8	Nilai di antara dua penilaian yang berdekatan	Diberikan apabila terdapat keraguan penilaian antara dua penilaian yang berdekatan
<i>Reciprocal</i> (kebalikan)	$\alpha_{ij} = \frac{1}{\alpha_{ji}}$	Jika elemen <i>i</i> memiliki salah satu angka di atas ketika dibandingkan elemen <i>j</i> , maka <i>j</i> memiliki nilai kebalikannya ketika dibandingkan elemen <i>i</i>

Sumber: Saaty (1994) dalam Rusli, 2013

Pengukuran dengan skala ini digunakan pada penilaian seluruh kriteria dibandingkan satu sama lain dan diterapkan pada 8 (delapan) karakteristik proyek untuk mendapatkan metode yang paling sesuai.

3.4.4 Variabel atau kriteria penilaian

Dari studi literatur terhadap pengertian umum dan beberapa penelitian terdahulu, diperoleh beberapa aspek yang berpengaruh dalam menentukan metode pembongkaran. Beberapa aspek tersebut digunakan sebagai kriteria dalam penilaian metode yang paling sesuai dengan karakteristik proyek tertentu. Kriteria tersebut meliputi ketersediaan sumber daya, resiko dan dampak, sisa material, waktu penyelesaian, serta biaya.

Variabel atau kriteria penilaian yang telah dikelompokkan akan dijelaskan dalam tabel berikut ini:

Tabel 3.4 Kriteria Penilaian

No.	Variabel	Keterangan
1.	Sumber Daya, yang meliputi:	
	a. Peralatan	Jumlah peralatan yang tersedia untuk penerapan metode tertentu.
	b. Tenaga ahli	Jumlah tenaga ahli yang tersedia untuk penerapan metode tertentu.
2.	Resiko dan Dampak, yang meliputi:	

No.	Variabel	Keterangan
	a. K3 pekerja	Tingkat resiko kesehatan dan keselamatan bagi pekerja.
	b. Tingkat kebisingan	Tingkat kebisingan yang dihasilkan.
	c. Debu	Jumlah debu yang dihasilkan.
	d. Getaran	Tingkat getaran dari pengoperasian alat.
	e. Proteksi bangunan	Perlunya membuat proteksi bangunan, misal dengan jaring di sekeliling bangunan yang dibongkar.
3.	Sisa Material, yang meliputi:	
	a. Dibuang	Jumlah material bongkaran yang langsung dibuang.
	b. Didaur ulang	Jumlah material bongkaran yang dapat digunakan kembali.
4.	Waktu pembongkaran, yang meliputi:	
	a. Pembongkaran penutup atap	Durasi membongkar penutup atap/genteng/asbes, rangka atap, plafond, plat beton
	b. Pembongkaran penutup dinding	Durasi untuk membongkar dinding, panel pintu/jendela
	c. Pembongkaran struktur utama	Durasi membongkar balok, kolom, sloof, dan pondasi
5.	Biaya, yang meliputi:	
	a. Transportasi peralatan	Biaya yang dibutuhkan untuk <i>mobilisasi</i> dan <i>demobilisasi</i> peralatan.
	b. Upah pekerja/operator	Biaya untuk upah pekerja atau operator alat berat.
	c. Pembuangan limbah/bongkaran	Biaya untuk membuang bongkaran dengan alat dan ke lokasi tertentu.

3.5 Populasi dan Sampel

Di Surabaya, banyak terdapat perusahaan konstruksi baik besar ataupun kecil yang tersebar di berbagai wilayah. Populasi dalam penelitian ini adalah para pakar dalam bidang konstruksi yang memiliki pengalaman melaksanakan pekerjaan pembongkaran bangunan atau memiliki pemahaman pelaksanaan pembongkaran bangunan. Sampel yang digunakan sebagai responden adalah para pakar yang telah memenuhi persyaratan pengalaman di bidang konstruksi termasuk pembongkaran bangunan. Kriteria responden yang dimaksud adalah para *project manager* atau praktisi yang memiliki pengalaman di bidang konstruksi minimal 5 tahun.

Penyebaran kuisisioner ditujukan kepada para *project manager* dan praktisi sebagai sampel yang memiliki pengalaman melaksanakan atau memiliki pemahaman pelaksanaan pembongkaran bangunan. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini berdasarkan pengambilan sampel secara acak (*stratified random sampling*) dengan populasi yang dikategorikan ke dalam strata yang sama dalam hal jabatan ataupun pengalaman. Dengan mengambil sampel secara acak, diharapkan agar sampel dapat mewakili populasi para pakar konstruksi yang ada pada perusahaan konstruksi di Surabaya.

3.6 Analisis Data

Setelah data diperoleh dari para responden, maka dilakukan beberapa tahap pengolahan data sebagai berikut:

- a. Pengecekan kelengkapan isian data kuisisioner bahwa telah terisi dengan lengkap dan benar.
- b. Menghitung nilai konsistensi setiap responden, apabila dinyatakan tidak konsisten maka diklarifikasikan kepada yang bersangkutan supaya memperoleh hasil yang sesuai.
- c. Membuat rekapitulasi penilaian setiap kriteria dari para responden dan dihitung rata-rata geometriknya (*geometrik mean*). Hasil rekapitulasi ini akan digunakan dalam mengisi kolom matrik perbandingan berpasangan untuk mendapatkan bobotnya.

- d. Melakukan pembobotan terhadap menggunakan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk menentukan kriteria yang dianggap paling penting dalam pertimbangan pemilihan metode demolisi.
- e. Membuat rekapitulasi perhitungan bobot pemilihan metode demolisi dari tipe-tipe proyek yang telah ditentukan.
- f. Peringkat metode demolisi dinyatakan dalam skor di masing-masing jenis atau karakteristik proyek. Setiap karakteristik proyek akan memiliki urutan peringkat metode, di mana nilai yang tertinggi merupakan metode yang paling tepat diterapkan. Pada pelaksanaannya, metode ini tidak dianggap tidak digabungkan dengan metode lain atau bersifat independen dan menjadi metode utama dalam proses pembongkaran.

3.7 Diskusi dan Pembahasan

Pada tahap ini data disajikan secara deskriptif ke dalam bentuk tabel dan grafik sebagai bentuk hasil pengolahan data penelitian yang dilakukan dengan mengumpulkan opini, pendapat dan pengalaman dari para pakar di bidang konstruksi terutama pembongkaran bangunan.

Pembahasan selain dilakukan terhadap metode-metode pembongkaran yang telah diteliti, juga alasan yang menjadi kecenderungan para pakar dalam memilih metode pembongkaran. Setiap metode akan terlihat kelebihan dan kekurangan masing-masing berdasarkan hasil penilaian dari pengalaman para pakar. Hal ini yang nantinya akan menjadi model sebagai alat bantu dalam mengambil keputusan pemilihan metode pembongkaran dikaitkan dengan lokasi dan karakteristik bangunan yang berbeda.

3.8 Studi Kasus

Setelah diperoleh model pemilihan metode demolisi yang paling sesuai dengan setiap karakteristik proyek, kemudian dilakukan studi kasus pada sebuah lokasi proyek yang telah melaksanakan pekerjaan demolisi. Hal ini dilakukan dengan maksud untuk mendapatkan perbandingan dan kesesuaian antara kelebihan dan kekurangan metode demolisi berdasarkan hasil penelitian dengan praktek di lapangan. Alasan pemilihan metode demolisi yang dilakukan oleh

praktisi juga akan menjadi masukan dalam penelitian ini karena kemungkinan pertimbangan faktor-faktor lain yang mungkin terjadi.

Selain itu, studi kasus ini dilakukan juga untuk memperoleh tanggapan dan saran dari praktisi bila pekerjaan demolisi dilakukan menggunakan metode yang lain atau sesuai dengan hasil permodelan dalam penelitian ini.

Hasil akhir yang ingin dicapai adalah dengan kondisi proyek atau bangunan tertentu akan mempengaruhi pemilihan metode demolisi yang paling sesuai untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan tingkat resiko terendah.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Survei Penelitian

Survey penelitian ini dilakukan pada bulan Maret s.d. Mei 2016 dengan menghimpun pendapat dari para pakar di bidang konstruksi, *project manager*, maupun pelaku konstruksi yang memahami pelaksanaan pekerjaan demolisi. Dalam pelaksanaan survey, diambil sejumlah orang yang masing-masing dianggap mewakili setiap perusahaan atau badan usaha jasa konstruksi yang mencerminkan seluruh pelaku konstruksi yang ada di kota Surabaya.

Dalam Peraturan Lembaga jasa Konstruksi Nasional (2013) terdapat beberapa kualifikasi badan usaha jasa konstruksi yang pengelompokannya berdasarkan kekayaan bersih, pengalaman, dan jumlah tenaga kerja. Kualifikasi tersebut adalah:

- a. usaha kecil (K),
- b. usaha menengah (M), dan
- c. usaha besar (B).

yang di mana dari kualifikasi dibagi lagi menjadi beberapa sub-kualifikasi.

Dalam waktu yang bersamaan, badan usaha hanya diperkenankan untuk menangani paket pekerjaan/proyek maksimum sebagai berikut:

- a. Kualifikasi Kecil (K) = 5
- b. Kualifikasi Menengah = 6
- c. Kualifikasi Besar = 6 atau 1,2 N

N adalah jumlah paket pekerjaan terbanyak yang dapat ditangani pada saat bersamaan selama kurun waktu 5 tahun terakhir.

Karena adanya keterbatasan waktu dan biaya pelaksanaan survey, maka dalam penelitian ini diputuskan akan mengambil sampel dari total populasi usaha jasa konstruksi dengan kualifikasi Menengah (M) dan Besar (B). Berdasarkan data yang diperoleh dari Gabungan Pelaksana Konstruksi Nasional Indonesia

(Gapensi) wilayah Kota Surabaya (2016), jumlah populasi yang terdaftar adalah sebanyak **161** usaha jasa konstruksi.

Sampel dalam penelitian dihitung menggunakan Metode Slovin (1960), yaitu:

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2} \quad (4.1)$$

dengan:

n = jumlah sampel,

N = jumlah populasi, dan

e = batas toleransi kesalahan yang diijinkan.

Dengan mengambil batas toleransi kesalahan sebesar 10%, maka sampel yang diambil untuk penelitian sebanyak **61** orang.

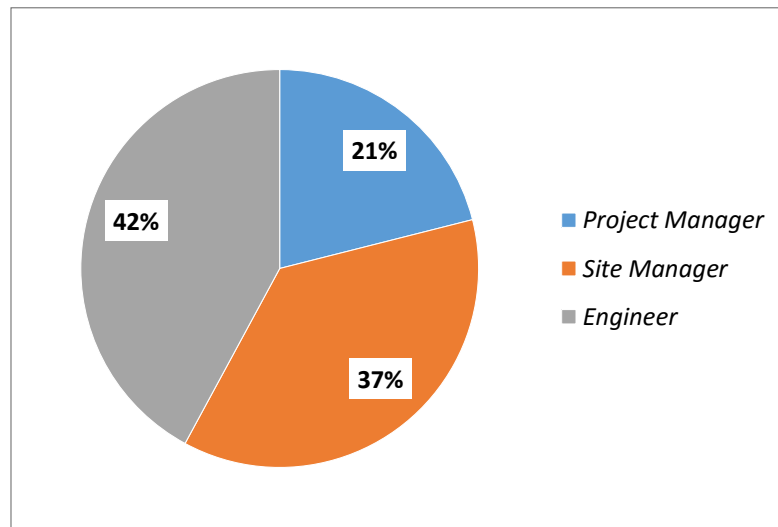
Penyebaran kuisisioner dilakukan dengan cara menyampaikan langsung ke alamat kantor calon responden sebanyak 18 kuisisioner dan dikirimkan melalui alamat *e-mail* menggunakan fitur *google form* sebanyak 66 kuisisioner. Jumlah kuisisioner yang diterima kembali baik *hardcopy* atau *online* sebanyak 19 dari 84 kuisisioner yang dikirim.

4.2. Deskripsi Responden

Responden yang menjadi sasaran dalam penelitian ini dideskripsikan ke dalam beberapa kelompok dengan maksud untuk mendapatkan gambaran bahwa penyebaran sampel yang diambil dapat mewakili sejumlah populasi yang ada.

4.2.1. Deskripsi Responden Berdasarkan Posisi

Posisi yang dimaksud adalah jabatan yang diduduki oleh responden di perusahaan pada saat peneliti melakukan pengambilan data. Penyebaran posisi responden dapat terlihat dalam grafik di bawah ini:



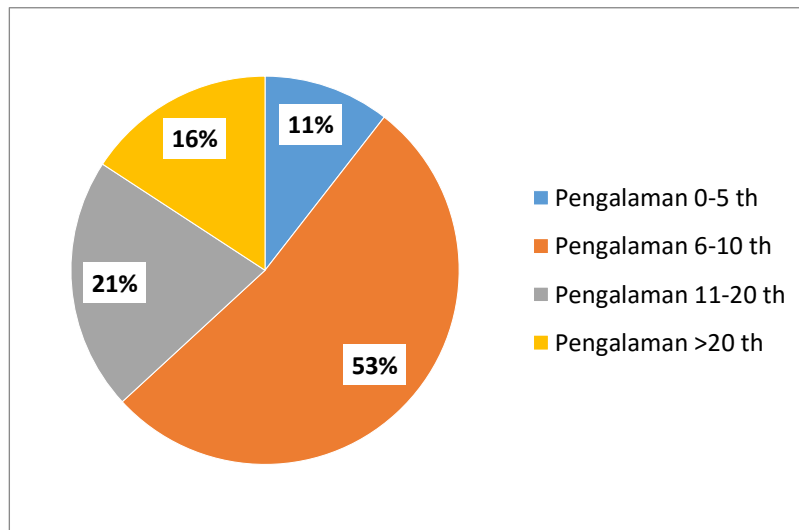
Gambar 4.1 Komposisi Responden Berdasarkan Posisi di Perusahaan

Peneliti tidak menentukan jabatan tertentu yang menjadi sasaran utama atau responden dalam penelitian ini. Meskipun kuisioner awalnya ditujukan kepada para *project manager* dan pimpinan perusahaan sebagai calon responden, namun diperbolehkan untuk didelegasikan kepada tingkat jabatan manapun selama dianggap cakap dalam menjawab pertanyaan dalam kuisioner ini.

Antara jabatan *project manager*, *site manager* ataupun *engineer* sama-sama memiliki kesempatan memberikan pendapat terkait metode pelaksanaan pekerjaan demolisi.

4.2.2. Deskripsi Responden Berdasarkan Pengalaman Kerja

Pengalaman kerja responden yang dimaksud adalah pengalaman yang dimiliki selama bekerja di bidang konstruksi, tidak hanya pengalaman bekerja pada perusahaan ketika dilakukan pengambilan data. Perbandingan pengalaman kerja para responden terlihat pada grafik sebagai berikut:

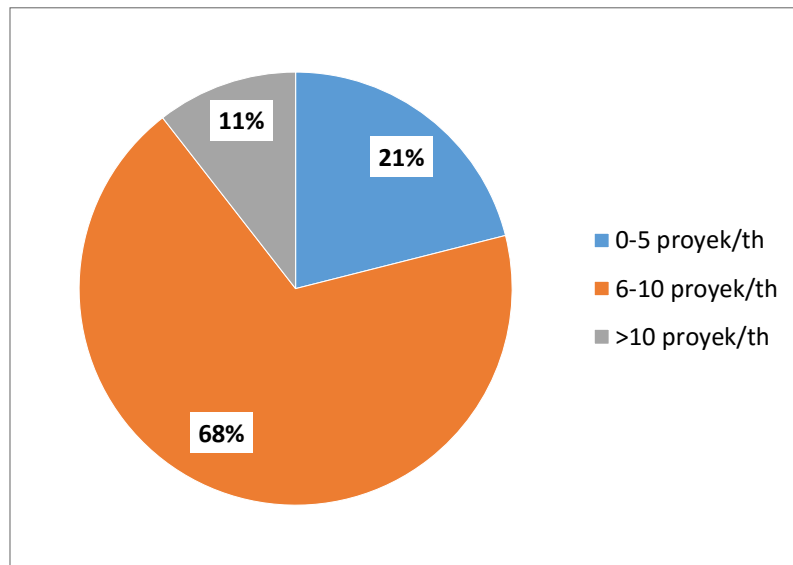


Gambar 4.2 Komposisi Responden Berdasarkan Pengalaman Kerja

Dari grafik di atas, dapat diketahui bahwa mayoritas responden memiliki pengalaman di bidang konstruksi antara 6 s.d. 10 tahun, dengan perbandingan sebesar 53% dari seluruh sampel. Responden dengan pengalaman bekerja di bidang konstruksi kurang dari 5 tahun sebanyak 11%, dan pengalaman antara 11 s.d. 20 tahun sebanyak 21% dari total sampel. Sedangkan sisanya sampel sebesar 16% merupakan responden yang berpengalaman melebihi 20 tahun.

4.2.3. Deskripsi Responden Berdasarkan Jumlah Proyek

Yang dimaksud pengelompokkan responden berdasarkan jumlah proyek adalah jumlah rata-rata proyek yang ditangani dalam 1 tahun terakhir oleh perusahaan tempat responden bekerja. Kemampuan perusahaan dalam menangani proyek selama satu tahun dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:



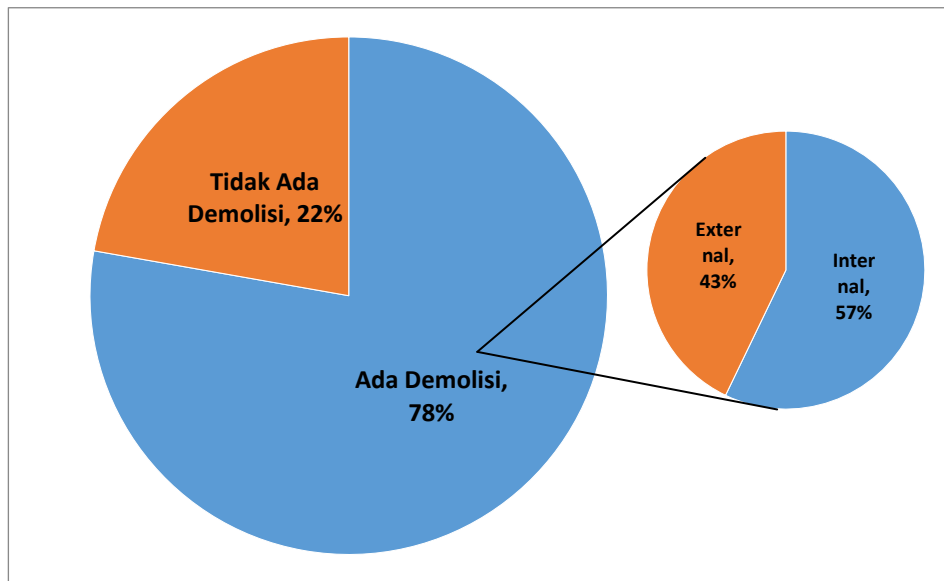
Gambar 4.3 Komposisi Responden Berdasarkan Jumlah Proyek di dalam Perusahaan

Mayoritas responden bekerja di perusahaan yang menangani 6 s.d. 10 proyek/tahun atau sebesar 68% dari seluruh perusahaan tempat sampel bekerja. Sedangkan sisanya sebesar 21% menangani 0 s.d. 5 proyek/tahun dan hanya 11% perusahaan yang menangani lebih dari 10 proyek/tahun. Bila dikaitkan dengan ketentuan yang ada dalam Peraturan Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi Nasional, mayoritas responden dapat dikatakan berasal dari perusahaan atau badan usaha jasa konstruksi dengan kualifikasi Menengah (M).

4.2.4. Deskripsi Responden Berdasarkan Pekerjaan Demolisi di Perusahaan

Yang dimaksud deskripsi responden berdasarkan pekerjaan demolisi di perusahaan adalah tingkat pengetahuan responden terhadap adanya pekerjaan demolisi yang pernah dikerjakan terkait dengan proyek yang ditangani perusahaan.

Penyebarannya dapat dilihat pada grafik berikut ini:



Gambar 4.4 Komposisi Responden Berdasarkan Pekerjaan Demolisi di Proyek yang Ditangani

Sebagaimana ditunjukkan dalam grafik di atas, sebanyak 22% responden menyatakan bahwa di perusahaannya dalam menangani proyek tidak ada pekerjaan demolisi, sedangkan 78% responden menyatakan bahwa terdapat pekerjaan demolisi sebelum dilaksanakan proyek konstruksi. Pada perusahaan yang mengalami adanya pekerjaan demolisi sebelum dimulai proyek konstruksi, sebesar 57% pekerjaan demolisi tersebut dilaksanakan sendiri oleh internal perusahaan, sedangkan sisanya atau 43% dilaksanakan sendiri oleh perusahaan.

4.3. Hasil Analisis AHP

Data yang diperoleh dari penyebaran kuisisioner ini adalah terpilihnya metode demolisi yang masing-masing dianggap paling sesuai untuk diterapkan sebagai bentuk penanganan pekerjaan demolisi pada delapan tipe proyek yang telah dikelompokkan. Delapan tipe proyek tersebut dianggap dalam kondisi normal atau tidak ada permintaan khusus terkait proses pembongkarannya. Hasil pengumpulan data atau pendapat dari para Responden digambarkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.1 Contoh Tabulasi Data Kuisisioner

Tipe B (padat, sederhana, non-B3)																			
SD	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	RD	
<i>resp. 1</i>													1					-	
<i>resp. 2</i>															1			-	
...																		-	
<i>resp. n</i>																		-	

Tabel di atas menyatakan perbandingan kepentingan antara kriteria Ketersediaan Sumber Daya (SD) dengan kriteria Resiko dan Dampak (RD) berdasarkan skala perbandingan yang dikembangkan oleh Saaty (1994). Setiap responden harus memberikan satu penilaian kepentingan terhadap setiap pasangan kriteria dan dengan mempertimbangan kondisi atau tipe proyek tertentu. Pada tipe proyek di atas dengan kondisi normal, meminimalisir resiko dan dampak lebih diutamakan meskipun tersedia sumber daya peralatan yang dapat membongkar bangunan lebih cepat namun ternyata beresiko lebih besar. Cara penilaian tersebut dilakukan terhadap perbandingan kriteria-kriteria yang lain dan alternatif-alternatif pada tipe-tipe berikutnya.

Setiap diperoleh bobot dari penilaian tersebut, dilakukan uji konsistensi untuk mendapatkan tingkat konsistensi jawaban setiap responden. Tahap selanjutnya adalah menggabungkan nilai bobot antar kriteria dengan nilai bobot antar alternatif sehingga diperoleh urutan metode demolisi sesuai dengan tipe proyek tertentu.

4.3.1 Langkah Perhitungan AHP

Pertama, setelah mendapatkan penilaian dari para Responden, maka data diolah dengan memasukkan ke dalam bentuk matriks. Berikut adalah contoh pengolahan data dalam bentuk matriks:

Tabel 4.2 Matriks Perbandingan Kriteria Alternatif

Kriteria/ Alternatif	1	2	3	n
1	1	a	b	c
2	1/a	1	d	e
3	1/b	1/d	1	f
n	1/c	1/e	1/f	1
	P	Q	R	S

Yang perlu diisi adalah kotak di sebelah kanan diagonal, sedangkan di sebelah kiri diagonal merupakan *reciprocal* atau nilai kebalikan kotak yang berlawanan. Kemudian dilakukan penjumlahan ke bawah pada setiap kolom, sehingga diperoleh jumlah per kolom.

Kedua, dilakukan normalisasi matriks dengan cara membagi setiap isi kotak sesuai kolom dengan hasil penjumlahan setiap kolom. Nilai penjumlahan setiap kolom harus sebesar 1.

Tabel 4.3 Matriks Normalisasi

Kriteria/ Alternatif	1	2	3	n
1	1 / P	a / Q	b / R	c / S
2	(1/a) / P	1 / Q	d / R	e / S
3	(1/b) / P	(1/d) / Q	1 / S	f / S
n	(1/c) / P	(1/e) / Q	(1/f) / R	1 / S

Bobot Kriteria/Alternatif dapat diperoleh dengan melakukan penjumlahan ke kanan pada setiap baris. Nilai penjumlahan seluruh bobot yang diperoleh harus sebesar 1.

Ketiga, menentukan *Consistency Ratio* (CR) melalui beberapa tahap. Yaitu dengan mengalikan matriks perbandingan berpasangan dengan bobot Kriteria/Alternatif atau disebut juga dengan *Eigen Factor*, sehingga diperoleh matriks $1 \times n$. Kemudian membagi setiap baris pada matriks $1 \times n$ dengan setiap baris pada matriks bobot atau *Eigen Factor* sehingga diperoleh matriks $1 \times n'$.

Keempat, menghitung nilai *Lamda* maksimum dengan cara menjumlahkan ke bawah nilai yang terdapat dalam setiap baris matriks $1 \times n'$, kemudian membagi jumlah tersebut dengan nilai n .

Kelima, menghitung *Consistency Index* (CI) dengan rumus:

$$CI = \frac{\lambda \text{ maksimum} - n}{n - 1} \quad (4.2)$$

dengan:

λ = nilai lamda

n = jumlah kriteria/alternatif

Kemudian nilai RI ditentukan berdasarkan jumlah urutan matriks (n) sesuai data yang diolah. Berikut adalah tabel *Ratio Index* (RI):

Tabel 4. 4 Nilai *Ratio Index* (RI)

Urutan Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Keenam, nilai *Consistency Ratio* (CR) dapat diperoleh dengan cara membagi nilai *Consistency Index* (CI) dengan nilai *Ratio Index* (RI).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.3)$$

dengan:

CI = *Consistency Index*,

RI = *Ratio Index*

Penilaian responden dapat dikatakan konsisten bila nilai CR lebih kecil atau sama dengan 0,1 (ketidak-konsistenan maksimal 10%).

Ketujuh, dengan mengalikan bobot antar kriteria dengan bobot antar alternatif, maka diperoleh urutan atau peringkat metode demolisi yang sesuai dengan tipe proyek tertentu.

4.3.2. Hasil Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengolahan data terhadap seluruh kuisioner yang masuk, diperoleh urutan atau peringkat metode demolisi yang sesuai dengan tipe proyek. Urutan tersebut dapat digambarkan dalam tabulasi sebagai berikut:

Tabel 4.5 Tabulasi Peringkat Metode Demolisi

Tipe Proyek		Metode	Bobot	Peringkat
A	Renggang Sederhana Non-B3	<i>Top-down</i> Manual	0.40	1
		<i>Top-down</i> Mesin	0.20	3
		Mekanikal	0.30	2
		Peledak	0.10	4
B	Padat Sederhana Non-B3	<i>Top-down</i> Manual	0.49	1
		<i>Top-down</i> Mesin	0.20	3
		Mekanikal	0.22	2
		Peledak	0.08	4
C	Renggang Sederhana Mengandung B3	<i>Top-down</i> Manual	0.39	1
		<i>Top-down</i> Mesin	0.22	3
		Mekanikal	0.29	2
		Peledak	0.10	4
D	Padat Sederhana Mengandung B3	<i>Top-down</i> Manual	0.46	1
		<i>Top-down</i> Mesin	0.20	3
		Mekanikal	0.25	2
		Peledak	0.09	4
E	Renggang Kompleks Non-B3	<i>Top-down</i> Manual	0.10	4
		<i>Top-down</i> Mesin	0.25	3
		Mekanikal	0.26	2
		Peledak	0.39	1
F	Padat Kompleks Non-B3	<i>Top-down</i> Manual	0.20	3
		<i>Top-down</i> Mesin	0.40	1
		Mekanikal	0.29	2
		Peledak	0.10	4
G	Renggang Kompleks Mengandung B3	<i>Top-down</i> Manual	0.12	4
		<i>Top-down</i> Mesin	0.32	2
		Mekanikal	0.34	1
		Peledak	0.22	3
H	Padat Kompleks Mengandung B3	<i>Top-down</i> Manual	0.20	3
		<i>Top-down</i> Mesin	0.38	1
		Mekanikal	0.29	2
		Peledak	0.13	4

Hasil pengolahan data di atas mencerminkan kecenderungan pemilihan metode demolisi menurut sejumlah sampel yang mewakili populasi para pakar atau pelaku konstruksi di Surabaya. Urutan atau peringkat metode demolisi di atas

merupakan metode yang dalam kondisi normal sesuai untuk diterapkan dalam masing-masing tipe proyek yang telah dikelompokkan dalam delapan tipe.

4.4. Diskusi dan Pembahasan

Untuk mendapatkan informasi tambahan dari pakar konstruksi, maka hasil pengolahan data sebagaimana tercantum dalam tabel 4.5 didiskusikan dengan salah satu responden.

Tidak ada kriteria khusus dalam menentukan responden yang menjadi Narasumber dalam diskusi dan pembahasan ini, namun karena keterbatasan waktu dan kesibukan para responden maka diputuskan untuk membahas dengan responden dengan data sebagai berikut:

Tabel 4.6 Data Narasumber Diskusi dan Pembahasan

Nama	Posisi	Lama bekerja	Perusahaan
Darmawan Budinugroho	<i>Project Manager</i>	33 tahun	CV. Multi Construct Indonesia

Berdasarkan hasil pengolahan data pada subbab 4.3.2., berikut merupakan hasil diskusi dan pembahasan atau pendapat Narasumber terhadap urutan metode demolisi sesuai dengan tipe proyek tertentu:

Proyek Tipe A : metode *top-down* manual sangat sesuai diterapkan untuk tipe proyek dengan lokasi renggang, bangunan sederhana dan tidak mengandung B3. Hal utama yang mempengaruhi pemilihan metode ini dikarenakan jenis bangunan yang tergolong sederhana tidak memerlukan peralatan atau teknologi tertentu, namun tetap efektif dalam pelaksanaannya. Kemudian pada urutan selanjutnya adalah metode pembongkaran menggunakan peralatan mekanikal yang disesuaikan dengan ukuran bangunan. Metode *top-down* menggunakan mesin meskipun menduduki urutan ketiga dan metode menggunakan peledak pada urutan keempat sedikit kemungkinan diterapkan atau tidak direkomendasikan. Karena penggunaan sumber daya

dan resiko yang terlalu besar untuk bangunan sederhana yang akan memakan lebih banyak biaya dan terlalu mengganggu area ke sekitar proyek.

Proyek Tipe B : metode *top-down* manual juga sangat sesuai untuk diterapkan pada tipe proyek ini. Selain bangunan yang sederhana, kondisi lokasi yang padat menyebabkan kecilnya kemungkinan penerapan metode mekanikal, *top-down* menggunakan mesin atau bahkan menggunakan peledak. Karena selain biaya tinggi juga resiko terhadap kehidupan sosial yang besar dapat menimpa lingkungan sekitar proyek bila menerapkan peralatan berat yang umumnya memerlukan lokasi renggang.

Proyek Tipe C : metode *top-down* manual masih menempati peringkat utama meskipun tipe proyek tersebut mengandung B3. Penggunaan kelengkapan pengaman bagi pekerja demolisi membutuhkan biaya yang lebih murah daripada penggunaan metode yang lain dan dengan tipe bangunan yang sederhana masih memungkinkan dilaksanakan demolisi secara manual. Metode pembongkaran menggunakan peralatan mekanikal masih mungkin untuk diterapkan, karena lokasi yang renggang dianggap masih bisa dilalui peralatan berat menuju lokasi pembongkaran. Sedangkan metode *top-down* menggunakan mesin dan penggunaan bahan peledak tidak sesuai untuk diterapkan yang ditangani bangunan sederhana karena selain bangunan tidak dapat dinaiki alat berat, teknologi terlalu tinggi, juga kandungan B3 yang dapat membahayakan lingkungan bila bangunan diledakkan.

Proyek Tipe D : dengan lokasi padat, bangunan sederhana meskipun mengandung B3, metode *top-down* manual tetap menjadi prioritas utama selain biaya yang murah juga waktu yang cepat dari mulai persiapan hingga pembersihan. Untuk prioritas selanjutnya lebih tepat metode secara mekanikal atau dengan alat berat yang berukuran kecil namun masih dapat

menjangkau lokasi. Lokasi yang padat akan sulit mengangkat *breaker* ke atas bangunan bila hendak menerapkan *top-down* mesin atau bahkan dengan meledakkan karena besar resiko mengganggu area di sekitarnya.

Proyek Tipe E : kondisi lokasi yang renggang memberikan peluang besar untuk menerapkan penggunaan bahan peledak dalam mendemolisi bangunan berstruktur kompleks, terlebih lagi tidak ada kandungan B3 di dalamnya sehingga proses yang cepat menjadi salah satu keuntungannya. Namun ketersediaan sumber daya menjadi pertimbangan utama karena akan berpengaruh dengan biaya yang dibutuhkan. Untuk penerapan metode *top-down* menggunakan mesin maupun mekanikal dapat dikatakan *situasional* atau tergantung pengambil keputusan, karena dengan tipe proyek seperti ini kedua metode tersebut dapat diterapkan. Sedangkan metode *top-down* manual tidak sesuai karena selain akan membutuhkan waktu yang lama juga banyak sekali pekerja yang diperlukan.

Proyek Tipe F : menangani pembongkaran bangunan kompleks di lokasi padat sangat tidak mungkin menerapkan penggunaan bahan peledak atau sangat tidak direkomendasikan karena akan membahayakan bangunan di sekitarnya. Metode *top-down* menggunakan mesin menjadi pilihan utama karena mesin pembongkar dapat ditempatkan di atas bangunan dengan diangkat oleh *tower crane* ataupun *mobile crane*, dan hingga bangunan habis tetap menggunakan alat yang sama. Berbeda dengan metode mekanikal di mana akan membutuhkan lokasi yang cukup sebagai ruang pergerakan alat selama proses pembongkaran namun masih memungkinkan karena terdapat berbagai jenis perangkat yang dapat dipasang di ujung alat berat menyesuaikan dengan ruang pergerakannya. Metode *top-down* manual tidak sesuai karena membutuhkan waktu yang lama dan pekerja yang banyak.

Proyek Tipe G : dengan lokasi yang renggang, bangunan berstruktur kompleks yang mengandung bahan beracun berbahaya (B3) akan memberi resiko dan dampak yang besar bila dibongkar menggunakan bahan peledak, karena debu dan puing yang dapat menyebar luas dengan cepat. Sehingga dalam kondisi ini metode mekanikal atau penggunaan alat berat lebih tepat diterapkan kemudian *top-down* mesin karena tidak banyak debu yang dihasilkan. Sedangkan metode manual selain akan membutuhkan banyak pekerja, juga waktu yang lama.

Proyek Tipe H : metode *top-down* menggunakan mesin menjadi pilihan utama dalam membongkar bangunan berstruktur kompleks di lokasi yang padat. Selain memiliki resiko yang lebih kecil dibandingkan mekanikal ataupun peledak, juga waktu yang dibutuhkan juga jauh lebih cepat bila dibandingkan dengan cara manual. Pada prioritas kedua masih mungkin bila diterapkan metode mekanikal, asalkan penggunaan alat dapat menyesuaikan dengan kondisi lokasi. Sedangkan penggunaan bahan peledak yang dapat menimpa bangunan dan masyarakat di sekitar, atau *top-down* manual yang membutuhkan banyak pekerja dan waktu yang lama, maka sangat tidak direkomendasikan.

Sisa material dalam pekerjaan demolisi tidak terlalu menjadi pertimbangan bagi pihak kontraktor terutama bila bangunan tersebut berstruktur beton bertulang. Kontraktor dapat menyerahkan pekerjaan pembongkaran ke pihak lain untuk membongkar dan membuang sisa bongkaran. Namun biasanya pemilik proyek sudah menyerahkan lokasi dalam kondisi siap bangun. Bila pihak kontraktor sendiri yang melakukan pembongkaran, maka biaya pembongkaran atau upah pekerja dapat meningkat dari yang seharusnya di mana perbandingan biaya material dan upah dalam proyek konstruksi umumnya adalah 70:30 akan meningkat di upah. Pada kondisi tertentu, misal lokasi proyek yang akan dibongkar berupa struktur baja, kemungkinan besar akan dibongkar sendiri oleh

kontraktor kemudian disimpan dalam gudang atau jika ada permintaan *owner* yang menyebutkan untuk menggunakan kembali material sisa bongkaran sebagai material untuk struktur baru yang lebih sederhana.

Untuk kondisi di mana lokasi proyek sudah bersih atau siap bangun, namun jika ketika melakukan pemancangan ternyata masih terdapat bekas pondasi lama, maka biasanya dibongkar langsung oleh pihak kontraktor menggunakan *jackhammer*, *breaker* atau bila masih tidak memungkinkan akan digali menggunakan alat berat.

Umumnya yang menjadi perhatian utama kontraktor dalam pekerjaan bongkaran adalah waktu, dan biaya. Bila terdapat pekerjaan yang tingkat risikonya akan mempengaruhi memperpanjang waktu, dan meningkatkan biaya, maka akan dialihkan ke pihak lain. Ketersediaan sumber daya juga tidak terlalu berpengaruh, karena masih dapat ditangani dengan melibatkan pihak lain untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

4.5. Studi Kasus

Untuk menguji kesesuaian pemilihan metode demolisi yang tercantum dalam tabel 4.5., maka diambil satu lokasi proyek yang terdapat pekerjaan pembongkaran sebagai pembandingnya. Metode yang telah dilaksanakan oleh proyek nantinya akan dibandingkan dengan metode yang diperoleh melalui perhitungan matematis berdasarkan pendapat para responden untuk mendapatkan kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Studi kasus dilakukan pada satu proyek yang pernah ditangani oleh salah satu responden. Berikut adalah data Narasumber tersebut:

Tabel 4.7 Narasumber Studi Kasus

Nama	Posisi	Lama bekerja	Perusahaan
A. Samuel Stefanus	<i>Site Manager</i>	9 tahun	PT. Waringin Megah

Lahan yang akan bangun hotel awalnya merupakan rumah tinggal 2 lantai lokasi yang renggang di mana sebelah selatan berbatasan dengan lahan kosong,

sebelah utara berbatasan dengan bekas rumah tinggal 1 lantai yang sudah dibongkar terlebih dulu, sebelah selatan adalah jalan perumahan, sebelah timur berbatasan dengan jl. Raya Jemursari dan sebelah barat adalah lahan kosong. Maka, pada kondisi seperti ini lokasi dapat digolongkan ke dalam tipe A yaitu lokasi renggang, berstruktur bangunan sederhana, dan tidak mengandung bahan beracun berbahaya (B3).

Pelaksanaan pembongkaran bangunan ini tidak dilaksanakan langsung oleh pihak kontraktor, melainkan diserahkan kepada pihak lain sebagai pemborong bongkaran dengan menggunakan *excavator*. Beberapa alasan terkait hal tersebut adalah:

- Perlu waktu yang cepat dalam *land clearing*,
- Perusahaan tidak memiliki koneksi pembuangan bekas bongkaran,
- Dengan menyerahkan kepada pihak lain, perusahaan dapat lebih fokus pada persiapan pelaksanaan konstruksi selanjutnya.
- Karena termasuk pekerjaan sederhana, maka akan lebih mudah jika diserahkan kepada pemborong bongkaran.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode AHP terhadap pendapat para Responden, maka metode yang paling efektif untuk tipe proyek A adalah secara Manual. Perusahaan tidak meminta metode tertentu dalam proses pembongkaran, namun hanya menekankan perlunya waktu yang cepat hingga lahan siap untuk dibangun. Sehingga hal ini menjadi alasan utama pemborong membongkar bangunan menggunakan alat berat/peralatan mekanikal yaitu *excavator*.

Jika pembongkaran dilakukan dengan metode lain, maka akan diperoleh beberapa alasan sebagai berikut:

- *Top-down* manual, membutuhkan waktu yang lebih lama karena setelah membongkar masih perlu mengangkut ke truk pembuangan secara manual.
- *Top-down* menggunakan mesin, biaya terlalu tinggi untuk mendatangkan alat beserta operatornya, sedangkan bangunan hanya 2 lantai dan sangat mudah dijangkau dari tanah menggunakan *excavator*.

- Penggunaan bahan peledak sangat sia-sia karena teknologi yang dipakai terlalu tinggi bila hanya bangunan sederhana yang dibongkar, dan akan sangat mengganggu area di sekitarnya.

Selain dengan menghimpun pendapat dari Narasumber, dilakukan pula perbandingan biaya pembongkaran menggunakan *excavator* dan bila dilakukan secara manual. Berikut tahap perhitungan perbandingan biaya tersebut:

1. Menentukan produktivitas kerja

Produktivitas kerja dan volume pekerjaan diambil berdasarkan hasil wawancara dengan Narasumber, yang kemudian akan dipakai sebagai acuan dalam perhitungan biaya.

Tabel 4.8 Produktivitas Pekerjaan Bongkaran

No.	Produktivitas	Volume	Satuan
1.	Pembongkaran Atap	20	m ² /Org Hari
2.	Pembongkaran Beton	3	m ³ /Org Hari
3.	Pembongkaran Dinding (termasuk kusen)	6	m ² /Org Hari
4.	Pembersihan Lapangan	20	m ² /Org Hari
5.	Excavator (pembongkaran atap, beton, dinding)	40	m ² /Org Hari
6.	Truk kelas 3 dalam kota (kapasitas 7-8 m ³)	1	LS

2. Menentukan standar biaya

Biaya sewa peralatan dalam perhitungan biaya pembongkaran ini menggunakan HSPK Kota Surabaya tahun 2015, sedangkan upah pembantu tukang atau pekerja kasar menggunakan standar upah pekerja yang dipakai di perusahaan. Untuk truk pembuangan diasumsikan berada di lokasi pembongkaran selama pekerjaan berlangsung. Hal ini dikarenakan sebagai pembuangan sementara material bongkaran sebelum dikirim ke tempat pembuangan utama.

3. Menentukan durasi pekerjaan

Lama pengerjaan atau jumlah hari dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Jumlah hari} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas} \times \text{jumlah pekerja}} \quad (4.4)$$

4. Menentukan biaya sewa alat berat

Khusus untuk pembongkaran menggunakan alat berat, perlu dihitung terlebih dahulu biaya sewa *excavator* dalam satu hari, yaitu:

- Harga sewa alat (1 hari x 8 jam x Rp. 132.200,-)	= 1.057.600,-
- Upah operator (1 hari x Rp. 120.000,-)	= 120.000,-
- Bahan bakar/solar (1 hari x 8 jam x 20 lt. x Rp. 6.000,-)	= <u>960.000,-</u>
Jumlah	= 2.137.600,-

Berikut ini adalah perhitungan biaya pembongkaran bangunan rumah tinggal 2 lantai dengan tipe 150/250:

Tabel 4.9 Biaya Pembongkaran Secara Manual

No.	Uraian Kegiatan	Tenaga/Alat		Harga Satuan	Volume		Jml. Hari	Upah/Biaya
		Jml.	Sat.		Jml.	Sat.		
1.	Pembongkaran rangka dan penutup atap							
	- Pembantu tukang	3	Org Hari	50.000,-	75	m2	1,25	187.500,-
2.	Pembongkaran beton (balok dan kolom)							
	- Pembantu tukang	4	Org Hari	50.000,-	20	m3	1,67	333.333,-
3.	Pembongkaran dinding tembok							
	- Pembantu tukang	4	Org hari	50.000,-	200	m2	8,33	1.666.667,-
4.	Pembersihan lapangan (berat) dan peralatan							
	- Pembantu tukang	4	Org Hari	50.000,-	250	m2	3,13	625.000,-
5.	Sewa truk kelas 3 dalam kota	1	Unit	778.500,-	1	LS	14,38	11.190.938,-
	Jumlah	-	-	-	-	-	-	14.003.438,-

Tabel 4.10 Biaya Pembongkaran Menggunakan Alat Berat/Excavator

No.	Uraian Kegiatan	Tenaga/Alat		Harga Satuan	Volume		Jml. Hari	Upah/Biaya
		Jml.	Sat.		Jml.	Sat.		
1.	Mobilisasi dan demobilisasi	1	LS	3.000.000,-	-	-	-	3.000.000,-
2.	Pembongkaran bangunan dengan alat berat							
	- <i>Excavator</i>	1	Unit	2.137.600,-	150	m2	3,75	8.016.000,-
3.	Pembersihan lapangan (berat) dan peralatan							
	- Pembantu tukang	4	Org Hari	50.000,-	250	m2	3,13	625.000,-
4.	Sewa truk kelas 3 dalam kota	2	Unit	778.500,-			6,88	10.704.375,-
	Jumlah	-	-	-	-	-	-	22.345.375,-

Dari perbandingan perhitungan biaya pembongkaran secara manual dengan pembongkaran menggunakan peralatan mekanikal atau *excavator*, dapat disimpulkan bahwa penggunaan alat berat meskipun biayanya lebih mahal daripada manual, namun dapat mengakomodir kebutuhan pemberi kerja dalam hal ini kontraktor yang menginginkan pembongkaran dalam waktu singkat. Sedangkan bila menggunakan metode manual biayanya jauh lebih murah tapi membutuhkan waktu 1 kali lebih lama daripada alat berat.

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

Lampiran I – Format Kuisisioner AHP

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

PERMOHONAN PENGISIAN KUISIONER

Dengan hormat,

Sehubungan dengan penelitian dalam rangka penyusunan tesis dengan topik “Model Pengambilan Keputusan Metode Demolisi Pada Proyek Konstruksi” yang dilakukan oleh:

Nama	: Lathiful Wafiq
NRP	: 9113202811
Program Studi	: Manajemen Proyek, MMT-ITS Surabaya
No. HP, alamat email	: 085694508601, wafiqulqul@gmail.com

dengan ini penyusun bermaksud meminta perkenan Bapak/Ibu untuk berpartisipasi dalam mengisi kuisisioner berikut sebagai sumber data utama sehingga penelitian dapat mencapai hasil yang maksimal.

Penelitian ini dilakukan dengan menggali informasi terkait faktor-faktor yang mempengaruhi pengambilan keputusan pemilihan metode pembongkaran bangunan atau demolisi dengan dilihat dari ketersediaan sumber daya (peralatan dan tenaga ahli), resiko dan dampak yang dihasilkan terhadap penerapan suatu metode demolisi baik secara internal maupun eksternal proyek, sisa material bongkaran (untuk dibuang atau digunakan kembali), waktu (persiapan, pelaksanaan dan pembersihan), serta biaya (transportasi peralatan, upah pekerja/operator, dan pembuangan limbah bongkaran) sehingga diperoleh kecenderungan atau tingkat kepentingan faktor-faktor dibandingkan satu sama lain

Identitas responden, profil perusahaan dan data yang telah terkumpul akan dirahasiakan dan hanya akan digunakan untuk mendukung penelitian ini.

Hasil yang diharapkan dalam penelitian ini adalah didapatkan model pengambilan keputusan terhadap pemilihan metode demolisi yang paling efektif berdasarkan situasi dan kondisi atau karakteristik proyek yang berbeda.

Hormat Saya,

Lathiful Wafiq

Kuisisioner ini terbagi ke menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu:

1. Bagian A, berisi pertanyaan seputar profil responden dan perusahaan.
2. Bagian B, Berisi uraian singkat tentang pengelompokan jenis atau karakteristik proyek dan metode demolisi yang akan diteliti untuk menyamakan persepsi penelitian dengan praktek di lapangan.
3. Bagian C, berisi kriteria yang terdiri dari ketersediaan sumber daya (peralatan dan tenaga kerja), tingkat resiko dan dampak, sisa material (untuk dibuang atau dipakai ulang), waktu penyelesaian (persiapan, pelaksanaan dan pembersihan), serta biaya (transportasi alat, upah, dan biaya pembuangan limbah) yang mempengaruhi pengambilan keputusan pemilihan metode demolisi yang diformulasikan sebagai perbandingan berpasangan berdasarkan kepentingan antar-kriteria.

A. Profil Responden dan Perusahaan

Petunjuk : Silahkan isi profil data diri dan data perusahaan Anda pada titik-titik yang telah disediakan.

Data Responden

1. Nama :
2. Posisi saat ini :
3. Lama bekerja : tahun bulan
4. No. HP / e-mail : /

Data Perusahaan

5. Nama Perusahaan :
6. Alamat :
7. No. Telp. / e-mail : /
8. Tahun didirikan :
9. Wilayah Operasional : Kota/Propinsi/Nasional/Internasional*
10. Jumlah proyek : /tahun
11. Apakah perusahaan Anda pernah mendapatkan proyek dengan lokasi yang masih terdapat bangunan lama sehingga perlu didemolisi atau dibongkar terlebih dahulu?
Ya/Tidak* (**jika tidak, maka langsung ke nomor 15**)
12. Siapakah yang melaksanakan pembongkaran atau demolisi bangunan lama?***
 - a. Pihak perusahaan
 - b. Pihak lain (*owner* ataupun sub-kontraktor)
13. Metode pembongkaran atau demolisi yang digunakan:**
 - a. Manual (palu, *jackhammer*, cangkil, dsb.)
 - b. Peralatan berat (*excavator*, *dozer*, dsb.)
14. Alasan memilih metode di atas?
.....
.....
15. Selain metode pembongkaran atau demolisi secara: a) manual, dan b) menggunakan peralatan berat, apakah Anda mengetahui metode yang lain?
Ya/Tidak*
Jika Ya, silahkan disebutkan:
.....

Keterangan:

- * : coret yang tidak perlu
** : lingkari yang menjadi pilihan Anda

B. Karakteristik Proyek dan Metode Demolisi

Berdasarkan hasil studi literatur, lokasi bangunan atau **karakteristik proyek pembongkaran** bangunan dapat dibagi menjadi 8 (delapan) tipe, yaitu:

Tipe	Keterangan
A	Lokasi : Renggang (jarak antar bangunan $\geq 0.5 \times$ tinggi bangunan) Kompleksitas : Sederhana <u>atau</u> <i>low-rise building</i> <u>atau</u> 1 – 3 lantai (<10 m) Kandungan : Non B3
B	Lokasi : Padat (jarak antar bangunan < 0.5 x tinggi bangunan) Kompleksitas : Sederhana <u>atau</u> <i>low-rise building</i> <u>atau</u> 1 – 3 lantai (<10 m) Kandungan : Non B3
C	Lokasi : Renggang (jarak antar bangunan $\geq 0.5 \times$ tinggi bangunan) Kompleksitas : Sederhana <u>atau</u> <i>low-rise building</i> <u>atau</u> 1 – 3 lantai (<10 m) Kandungan : Mengandung B3
D	Lokasi : Padat (jarak antar bangunan < 0.5 x tinggi bangunan) Kompleksitas : Sederhana <u>atau</u> <i>low-rise building</i> <u>atau</u> 1 – 3 lantai (<10 m) Kandungan : Mengandung B3
E	Lokasi : Renggang (jarak antar bangunan $\geq 0.5 \times$ tinggi bangunan) Kompleksitas : Kompleks <u>atau</u> <i>high-rise building</i> <u>atau</u> > 3 lantai (> 10 m) Kandungan : Non B3
F	Lokasi : Padat (jarak antar bangunan < 0.5 x tinggi bangunan) Kompleksitas : Kompleks <u>atau</u> <i>high-rise building</i> <u>atau</u> > 3 lantai (> 10 m) Kandungan : Non B3
G	Lokasi : Renggang (jarak antar bangunan $\geq 0.5 \times$ tinggi bangunan) Kompleksitas : Kompleks <u>atau</u> <i>high-rise building</i> <u>atau</u> > 3 lantai (> 10 m) Kandungan : Mengandung B3
H	Lokasi : Padat (jarak antar bangunan < 0.5 x tinggi bangunan) Kompleksitas : Kompleks <u>atau</u> <i>high-rise building</i> <u>atau</u> > 3 lantai (> 10 m) Kandungan : Mengandung B3

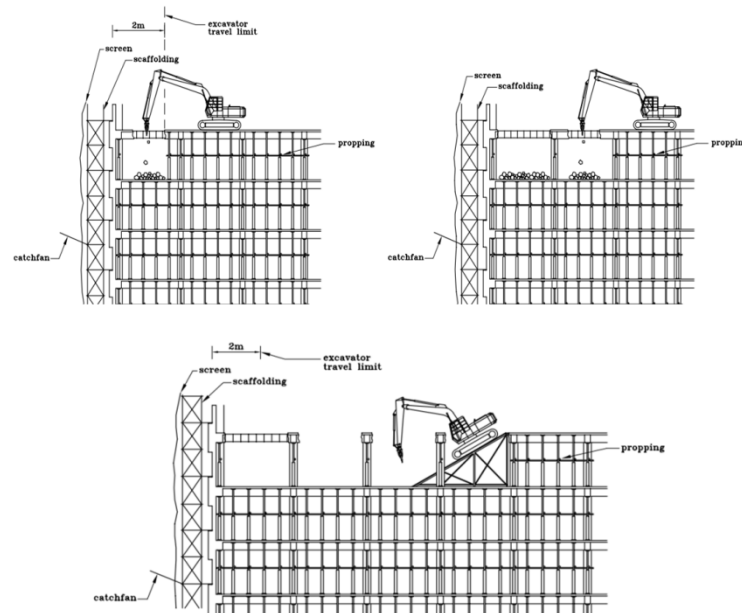
Sedangkan **metode demolisi** yang akan diteliti dikelompokkan menjadi 4 (empat) berdasarkan **prinsip dasar penggunaan alat** untuk melaksanakan pembongkaran, yaitu:

1. *Top-down* secara manual

Pada metode ini proses pembongkaran mengutamakan tenaga manusia dalam mengoperasikan peralatan tangan. Beberapa alat yang biasa digunakan untuk metode secara manual adalah palu, *jack hammer*, maupun *sledge hammer*.

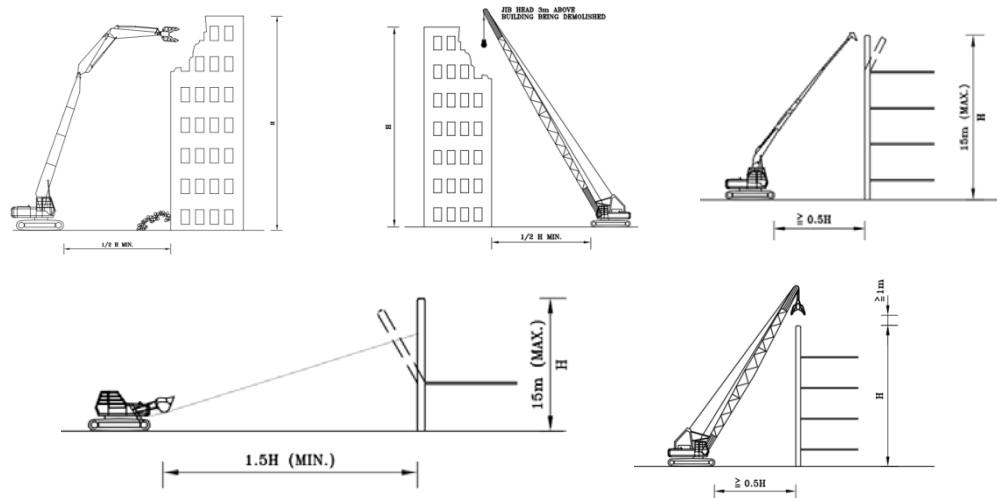
2. *Top-down* menggunakan mesin

Penggunaan mesin dengan beberapa ujung yang dapat diganti sesuai dengan kebutuhan pembongkaran sebagai alat bantu dalam membongkar bangunan. Metode ini memerlukan bantuan *mobile crane* ataupun *tower crane* untuk mengangkat mesin ke bagian paling atas bangunan untuk kemudian dioperasikan oleh operator yang berpengalaman.



3. Peralatan mekanikal

Yang termasuk dalam metode ini antara lain *hydraulic crusher with long boom arm*, *wrecking ball*, *pusher arm*, *wire rope pulling*, ataupun *clam shell*. Secara umum prinsip penggunaan mesin/peralatan berat dalam metode ini adalah pengoperasiannya dari tanah dengan jarak aman tertentu antara mesin dan bangunan yang akan dibongkar serta memanfaatkan penggunaan lengan ayun yang panjang sebagai alat bantu pembongkaran.



4. Bahan peledak

Metode ini memanfaatkan beban sendiri bangunan untuk meruntuhkan keseluruhan bangunan. Dengan menggunakan bahan peledak ataupun bahan kimia, dilakukan pengurangan kekuatan pada struktur utama bangunan di bagian bawah sehingga menjatuhkan bagian atas bangunan.

C. Kuisiener Utama

Petunjuk : Berilah tanda check list (✓) sebagai penilaian pada kolom skala kriteria A **atau** pada kolom skala kriteria B yang menurut Anda **lebih penting**.

Contoh:

Dalam melaksanakan pekerjaan demolisi, kriteria mana yang menurut Anda perlu untuk dipertimbangkan?

Kriteria A	Skala								1	Skala								Kriteria B
	9	8	7	6	5	4	3	2		2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Ketersediaan sumber daya</i>													√					<i>Resiko dan dampak</i>

Jika Anda memberi tanda check list (✓) di kolom skala 5 pada kriteria B, maka mempertimbangkan *resiko dan dampak* adalah lebih penting daripada *ketersediaan sumber daya* dalam melaksanakan pekerjaan demolisi.

1. Karakteristik **Proyek Tipe A** di mana,

Lokasi : Renggang (jarak antar bangunan $\geq 0.5 \times$ tinggi bangunan)

Kompleksitas : Sederhana atau *low-rise building* atau 1 – 3 lantai (<10 m)

Kandungan : Non B3

a. Berdasarkan karakteristik proyek dengan tipe A, kriteria mana yang menurut Anda lebih penting untuk dipertimbangkan dalam pelaksanaan demolisi?

[illegible][illegible][illegible]

Kriteria A	Skala		Skala	Kriteria B
------------	-------	--	-------	------------

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Waktu penyelesaian</i>																		<i>Biaya</i>

- b. Terkait dengan Ketersediaan Sumber Daya, metode manakah yang menurut Anda lebih sesuai untuk diterapkan pada proyek tipe A?

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Top-down manual																		Top-down mesin		
Top-down manual																		Mekanikal		
Top-down manual																		Peledak		

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Top-down mesin																	Mekanikal			
Top-down mesin																	Peledak			

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Mekanikal																	Peledak			

- c. Terkait dengan Resiko dan Dampak, metode manakah yang menurut Anda lebih sesuai untuk diterapkan pada proyek tipe A?

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Top-down manual																	Top-down mesin			
Top-down manual																	Mekanikal			
Top-down manual																	Peledak			

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Top-down mesin																	Mekanikal			
Top-down mesin																	Peledak			

Metode 1	Skala										Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

- [illegible]

[illegible]

Lokasi : Padat (jarak antar bangunan $< 0.5 \times$ tinggi bangunan)
 Kompleksitas : Sederhana atau *low-rise building* atau 1 – 3 lantai (< 10 m)
 Kandungan : Non B3

- [illegible]

[illegible]

4. Karakteristik Proyek Tipe D di mana,

Lokasi : Padat (jarak antar bangunan $< 0.5 \times$ tinggi bangunan)

Kompleksitas : Sederhana atau *low-rise building* atau 1 – 3 lantai (<10 m)

Kandungan : Mengandung B3

a. Berdasarkan karakteristik proyek dengan tipe D, kriteria mana yang menurut Anda lebih penting untuk dipertimbangkan dalam pelaksanaan demolisi?

Kriteria A	Skala									1	Skala									Kriteria B
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Ketersediaan sumber daya																	Resiko dan dampak			
Ketersediaan sumber daya																	Sisa material			
Ketersediaan sumber daya																	Waktu penyelesaian			
Ketersediaan sumber daya																	Biaya			

[illegible][illegible][illegible]

b. Terkait dengan Ketersediaan Sumber Daya, metode manakah yang menurut Anda lebih sesuai untuk diterapkan pada proyek tipe D?

[illegible]

<i>manual</i>																	
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

[illegible][illegible]

e. Terkait dengan Waktu Penyelesaian pekerjaan, metode manakah yang menurut Anda lebih sesuai untuk diterapkan pada proyek tipe D?

[illegible][illegible][illegible]

f. Terkait dengan Biaya pelaksanaan, metode manakah yang menurut Anda lebih sesuai untuk diterapkan pada proyek tipe D?

[illegible]

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Waktu penyelesaian</i>																		<i>Biaya</i>

- b. Terkait dengan Ketersediaan Sumber Daya, metode manakah yang menurut Anda lebih sesuai untuk diterapkan pada proyek tipe E?

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Top-down manual																		Top-down mesin		
Top-down manual																		Mekanikal		
Top-down manual																		Peledak		

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Top-down mesin																	Mekanikal			
Top-down mesin																	Peledak			

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Mekanikal																	Peledak			

- c. Terkait dengan Resiko dan Dampak, metode manakah yang menurut Anda lebih sesuai untuk diterapkan pada proyek tipe E?

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Top-down manual																	Top-down mesin			
Top-down manual																	Mekanikal			
Top-down manual																	Peledak			

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Top-down mesin																	Mekanikal			
Top-down mesin																	Peledak			

Metode 1	Skala										Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		

- [illegible]

[illegible]

Lokasi : Padat (jarak antar bangunan $< 0.5 \times$ tinggi bangunan)
 Kompleksitas : Kompleks atau *high-rise building* atau > 3 lantai (> 10 m)
 Kandungan : Non B3

- [illegible]

[illegible]

- [illegible]

[illegible]

- [illegible]

[illegible]

8. Karakteristik Proyek Tipe H di mana,

Lokasi : Padat (jarak antar bangunan $< 0.5 \times$ tinggi bangunan)

Kompleksitas : Kompleks atau *high-rise building* atau > 3 lantai (>10 m)

Kandungan : Mengandung B3

a. Berdasarkan karakteristik proyek dengan tipe H, kriteria mana yang menurut Anda lebih penting untuk dipertimbangkan dalam pelaksanaan demolisi?

[illegible][illegible][illegible][illegible]

b. Terkait dengan Ketersediaan Sumber Daya, metode manakah yang menurut Anda lebih sesuai untuk diterapkan pada proyek tipe H?

[illegible]

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Top-down mesin																	Mekanikal			
Top-down mesin																	Peledak			

Metode 1	Skala									1	Skala									Metode 2
	9	8	7	6	5	4	3	2	2		3	4	5	6	7	8	9			
Mekanikal																	Peledak			

Terima kasih atas partisipasi Bapak/Ibu dalam mengisi kuisioner ini. Selanjutnya mohon kesediaannya untuk dapat dihubungi kembali apabila dibutuhkan informasi lebih lanjut terkait kuisioner ini.

Lampiran II –Perhitungan Matriks Perbandingan AHP

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

Responden **Geometrik Mean** (*hardcopy/softcopy*)

Tipe A (renggang, sederhana, non-B3)

a. **Bobot kriteria** bangunan tipe A

Menentukan Bobot:

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	1.289329	1.090013	0.389596	0.362876
RD	0.775597	1	0.826335	0.530164	0.570666
SM	0.91742	1.210163	1	0.379102	0.211459
W	2.566764	1.886207	2.637815	1	0.703694
B	2.755764	1.752339	4.729054	1.421073	1
	8.015545	7.138038	10.28322	3.719935	2.848694

Normalisasi

0.12	0.18	0.11	0.10	0.13
0.10	0.14	0.08	0.14	0.20
0.11	0.17	0.10	0.10	0.07
0.32	0.26	0.26	0.27	0.25
0.34	0.25	0.46	0.38	0.35
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

SD	0.13
RD	0.13
SM	0.11
W	0.27
B	0.36
	1.00

Menentukan Consistency Ratio (CR):

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	1.289329	1.090013	0.389596	0.362876
RD	0.775597	1	0.826335	0.530164	0.570666
SM	0.91742	1.210163	1	0.379102	0.211459
W	2.566764	1.886207	2.637815	1	0.703694
B	2.755764	1.752339	4.729054	1.421073	1

Bobot

0.13
0.13
0.11
0.27
0.36

Vector P

0.66
0.67
0.57
1.40
1.86

Vector Q

5.09
5.08
5.09
5.14
5.20

R = 25.62

Lamda maksimum,
 λ_{maks} = 5.12

Consistency Index:

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n - 1}$$

CI = 0.03

Ratio Index:

Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

RI = 1.12

Maka,

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

syarat: $CR \leq 0.10$

CR = 0.0275 --> konsisten

b. Bobot alternatif untuk kriteria **ketersediaan sumber daya**

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.748696	2.850824	6.215515
Me	0.363809	1	0.455843	4.383129
Mk	0.350776	2.19374	1	5.833818
Pk	0.160888	0.228147	0.171414	1
	1.875472	6.170583	4.478081	17.43246

Normalisasi

0.53	0.45	0.64	0.36
0.19	0.16	0.10	0.25
0.19	0.36	0.22	0.33
0.09	0.04	0.04	0.06
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.49
Me	0.18
Mk	0.28
Pk	0.05
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.748696	2.850824	6.215515
Me	0.363809	1	0.455843	4.383129
Mk	0.350776	2.19374	1	5.833818
Pk	0.160888	0.228147	0.171414	1

Bobot

0.49
0.18
0.28
0.05

Vector P

2.10
0.72
1.16
0.22

Vector Q

4.27
4.07
4.20
4.06

R = 16.59

Lamda maksimum,
 λ_{maks} = 4.15

CI = 0.05

RI = 0.90

CR = 0.0550 --> konsisten

c. Bobot alternatif untuk kriteria **resiko dan dampak** terkecil

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.202154	2.439644	6.43676
Me	0.454101	1	0.471374	4.389686
Mk	0.409896	2.121458	1	5.439495
Pk	0.155358	0.227807	0.183841	1
	2.019354	5.551418	4.094859	17.26594

Normalisasi

0.50	0.40	0.60	0.37
0.22	0.18	0.12	0.25
0.20	0.38	0.24	0.32
0.08	0.04	0.04	0.06
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.47
Me	0.19
Mk	0.29
Pk	0.06
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.202154	2.439644	6.43676
Me	0.454101	1	0.471374	4.389686
Mk	0.409896	2.121458	1	5.439495
Pk	0.155358	0.227807	0.183841	1

Bobot

0.47
0.19
0.29
0.06

Vector P

1.94
0.78
1.19
0.22

Vector Q

4.18
4.04
4.15
4.06

R = 16.43

Lamda maksimum,
 λ_{maks} = 4.11

CI = 0.04

RI = 0.90

CR = 0.0401 --> konsisten

d. Bobot alternatif untuk kriteria **sisa material** yang dapat digunakan kembali

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	3.914499	3.471414	4.454832
Me	0.255461	1	0.943818	3.207206
Mk	0.288067	1.059526	1	4.303471
Pk	0.224475	0.311798	0.232371	1
	1.768003	6.285823	5.647603	12.96551

Normalisasi

0.57	0.62	0.61	0.34
0.14	0.16	0.17	0.25
0.16	0.17	0.18	0.33
0.13	0.05	0.04	0.08
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.54
Me	0.18
Mk	0.21
Pk	0.07
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	3.914499	3.471414	4.454832
Me	0.255461	1	0.943818	3.207206
Mk	0.288067	1.059526	1	4.303471
Pk	0.224475	0.311798	0.232371	1

Bobot

0.54
0.18
0.21
0.07

Vector P

2.30
0.75
0.87
0.30

Vector Q

4.28
4.19
4.15
4.06

R = 16.67

Lamda maksimum,
λmaks = 4.17

CI = 0.06

RI = 0.90

CR = 0.0623 --> konsisten

e. Bobot alternatif untuk kriteria **waktu** tersingkat

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.007053	0.49286	0.959237
Me	0.992997	1	0.671572	1.640506
Mk	2.028975	1.489043	1	2.05993
Pk	1.042495	0.609568	0.485453	1
	5.064467	4.105664	2.649885	5.659673

Normalisasi

0.20	0.25	0.19	0.17
0.20	0.24	0.25	0.29
0.40	0.36	0.38	0.36
0.21	0.15	0.18	0.18
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.20
Me	0.25
Mk	0.38
Pk	0.18
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.007053	0.49286	0.959237
Me	0.992997	1	0.671572	1.640506
Mk	2.028975	1.489043	1	2.05993
Pk	1.042495	0.609568	0.485453	1

Bobot

0.20
0.25
0.38
0.18

Vector P

0.80
0.99
1.51
0.72

Vector Q

4.03
4.03
4.03
4.03

R = 16.11

Lamda maksimum,
λmaks = 4.03

CI = 0.01

RI = 0.90

CR = 0.0100 --> konsisten

f. Bobot alternatif untuk kriteria **biaya** termurah

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.334765	2.119203	4.550921
Me	0.428309	1	0.519534	3.201073
Mk	0.471875	1.924802	1	4.319127
Pk	0.219736	0.312395	0.231528	1
	2.11992	5.571962	3.870266	13.07112

Normalisasi

0.47	0.42	0.55	0.35
0.20	0.18	0.13	0.24
0.22	0.35	0.26	0.33
0.10	0.06	0.06	0.08
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.45
Me	0.19
Mk	0.29
Pk	0.07
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.334765	2.119203	4.550921
Me	0.428309	1	0.519534	3.201073
Mk	0.471875	1.924802	1	4.319127
Pk	0.219736	0.312395	0.231528	1

Bobot

0.45
0.19
0.29
0.07

Vector P

1.84
0.77
1.19
0.30

Vector Q

4.12
4.04
4.10
4.03

R = 16.30

Lamda maksimum,
λmaks = 4.07

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0274 --> konsisten

Sehingga, **metode pembongkaran** yang sesuai untuk **bangunan tipe A** adalah

Kriteria/ Alternatif	SD	RD	SM	W	B
Ma	0.49	0.47	0.54	0.20	0.45
Me	0.18	0.19	0.18	0.25	0.19
Mk	0.28	0.29	0.21	0.38	0.29
Pk	0.05	0.06	0.07	0.18	0.07
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

x

Bobot Kriteria
0.13
0.13
0.11
0.27
0.36

=

Ma

Me

Mk

Pk

0.40
0.20
0.30
0.10
1.00

Tipe B (padat, sederhana, non-B3)

a. Bobot kriteria bangunan tipe B

Menentukan Bobot:

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.447836	0.557789	0.278461	0.24101
RD	2.232962	1	4.911131	3.064064	3.396693
SM	1.792792	0.203619	1	0.687076	0.452159
W	3.591161	0.326364	1.455443	1	0.583226
B	4.149213	0.294404	2.21161	1.7146	1
	12.76613	2.272223	10.13597	6.744201	5.673089

Normalisasi

	0.08	0.20	0.06	0.04	0.04
	0.17	0.44	0.48	0.45	0.60
	0.14	0.09	0.10	0.10	0.08
	0.28	0.14	0.14	0.15	0.10
	0.33	0.13	0.22	0.25	0.18
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

SD	0.08
RD	0.43
SM	0.10
W	0.16
B	0.22
	1.00

Menentukan Consistency Ratio (CR):

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.447836	0.557789	0.278461	0.24101
RD	2.232962	1	4.911131	3.064064	3.396693
SM	1.792792	0.203619	1	0.687076	0.452159
W	3.591161	0.326364	1.455443	1	0.583226
B	4.149213	0.294404	2.21161	1.7146	1

Bobot

0.08
0.43
0.10
0.16
0.22

Vector P

0.43
2.37
0.55
0.88
1.20

Vector Q

5.21
5.50
5.40
5.36
5.43

R = 26.90

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 5.38

Consistency Index:

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n - 1}$$

CI = 0.09

Ratio Index:

Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

RI = 1.12

Maka,

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

syarat: CR ≤ 0.10

CR = 0.0847 --> konsisten

b. Bobot alternatif untuk kriteria ketersediaan sumber daya

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.071385	1.859404	3.764587
Me	0.482769	1	0.829341	3.35923
Mk	0.537807	1.205776	1	3.624347
Pk	0.265633	0.297687	0.275912	1
	2.286209	4.574848	3.964657	11.74816

Normalisasi

0.44	0.45	0.47	0.32
0.21	0.22	0.21	0.29
0.24	0.26	0.25	0.31
0.12	0.07	0.07	0.09
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.42
Me	0.23
Mk	0.26
Pk	0.08
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.071385	1.859404	3.764587
Me	0.482769	1	0.829341	3.35923
Mk	0.537807	1.205776	1	3.624347
Pk	0.265633	0.297687	0.275912	1

Bobot

0.42
0.23
0.26
0.08

Vector P

1.71
0.94
1.07
0.34

Vector Q

4.07
4.05
4.05
4.02

R = 16.19

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 4.05

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0172 --> konsisten

c. Bobot alternatif untuk kriteria resiko dan dampak terkecil

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	3.533437	4.02117	4.819798
Me	0.283011	1	0.786264	4.33945
Mk	0.248684	1.271838	1	4.494015
Pk	0.207478	0.230444	0.222518	1
	1.739172	6.035719	6.029952	14.65326

Normalisasi

0.57	0.59	0.67	0.33
0.16	0.17	0.13	0.30
0.14	0.21	0.17	0.31
0.12	0.04	0.04	0.07
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.54
Me	0.19
Mk	0.21
Pk	0.07
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	3.533437	4.02117	4.819798
Me	0.283011	1	0.786264	4.33945
Mk	0.248684	1.271838	1	4.494015
Pk	0.207478	0.230444	0.222518	1

Bobot

0.54
0.19
0.21
0.07

Vector P

2.35
0.79
0.88
0.27

Vector Q

4.37
4.18
4.24
4.07

R = 16.85

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 4.21

CI = 0.07

RI = 0.90

CR = 0.0786 --> konsisten

d. Bobot alternatif untuk kriteria **siswa material** yang dapat digunakan kembali

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	3.830241	2.941121	5.487393
Me	0.26108	1	0.998518	3.566011
Mk	0.340006	1.001484	1	4.168829
Pk	0.182236	0.280425	0.239876	1
	1.783322	6.112151	5.179515	14.22223

Normalisasi

0.56	0.63	0.57	0.39
0.15	0.16	0.19	0.25
0.19	0.16	0.19	0.29
0.10	0.05	0.05	0.07
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.54
Me	0.19
Mk	0.21
Pk	0.07
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	3.830241	2.941121	5.487393
Me	0.26108	1	0.998518	3.566011
Mk	0.340006	1.001484	1	4.168829
Pk	0.182236	0.280425	0.239876	1

Bobot

0.54
0.19
0.21
0.07

Vector P

2.24
0.77
0.86
0.27

Vector Q

4.18
4.11
4.08
4.03

R = 16.40

Lamda maksimum,
λmaks = 4.10

CI = 0.03

RI = 0.90

CR = 0.0370 --> konsisten

e. Bobot alternatif untuk kriteria **waktu** tersingkat

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.866168	1.527353	2.352298
Me	0.535858	1	0.980991	2.693581
Mk	0.654727	1.019377	1	2.254492
Pk	0.425116	0.371253	0.443559	1
	2.615701	4.256798	3.951903	8.300371

Normalisasi

0.38	0.44	0.39	0.28
0.20	0.23	0.25	0.32
0.25	0.24	0.25	0.27
0.16	0.09	0.11	0.12
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.37
Me	0.25
Mk	0.25
Pk	0.12
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.866168	1.527353	2.352298
Me	0.535858	1	0.980991	2.693581
Mk	0.654727	1.019377	1	2.254492
Pk	0.425116	0.371253	0.443559	1

Bobot

0.37
0.25
0.25
0.12

Vector P

1.52
1.03
1.03
0.49

Vector Q

4.07
4.06
4.05
4.03

R = 16.20

Lamda maksimum,
λmaks = 4.05

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0186 --> konsisten

f. Bobot alternatif untuk kriteria **biaya** termurah

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	3.585841	2.620997	3.750942
Me	0.278875	1	0.757779	3.388016
Mk	0.381534	1.319647	1	3.434608
Pk	0.2666	0.295158	0.291154	1
	1.927009	6.200645	4.669929	11.57357

Normalisasi

0.52	0.58	0.56	0.32
0.14	0.16	0.16	0.29
0.20	0.21	0.21	0.30
0.14	0.05	0.06	0.09
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.50
Me	0.19
Mk	0.23
Pk	0.08
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	3.585841	2.620997	3.750942
Me	0.278875	1	0.757779	3.388016
Mk	0.381534	1.319647	1	3.434608
Pk	0.2666	0.295158	0.291154	1

Bobot

0.50
0.19
0.23
0.08

Vector P

2.10
0.79
0.96
0.34

Vector Q

4.23
4.13
4.16
4.05

R = 16.57

Lamda maksimum,
λmaks = 4.14

CI = 0.05

RI = 0.90

CR = 0.0530 --> konsisten

Sehingga, **metode pembongkaran** yang sesuai untuk **bangunan tipe B** adalah

Kriteria/ Alternatif	SD	RD	SM	W	B
Ma	0.42	0.54	0.54	0.37	0.50
Me	0.23	0.19	0.19	0.25	0.19
Mk	0.26	0.21	0.21	0.25	0.23
Pk	0.08	0.07	0.07	0.12	0.08
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

x

Bobot Kriteria
0.08
0.43
0.10
0.16
0.22

=

Ma

Me

Mk

Pk

0.49
0.20
0.22
0.08
1.00

Tipe C (renggang, sederhana, B3)

a. Bobot kriteria bangunan tipe C

Menentukan Bobot:

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.363028	0.70352	0.505204	0.570912
RD	2.754608	1	2.861866	1.928942	1.364054
SM	1.421423	0.349422	1	0.688554	0.616769
W	1.9794	0.518419	1.45232	1	1.231268
B	1.751583	0.733109	1.621351	0.812171	1
	8.907015	2.963978	7.639057	4.93487	4.783003

Normalisasi

0.11	0.12	0.09	0.10	0.12
0.31	0.34	0.37	0.39	0.29
0.16	0.12	0.13	0.14	0.13
0.22	0.17	0.19	0.20	0.26
0.20	0.25	0.21	0.16	0.21
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

SD	0.11
RD	0.34
SM	0.14
W	0.21
B	0.21
	1.00

Menentukan Consistency Ratio (CR):

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.363028	0.70352	0.505204	0.570912
RD	2.754608	1	2.861866	1.928942	1.364054
SM	1.421423	0.349422	1	0.688554	0.616769
W	1.9794	0.518419	1.45232	1	1.231268
B	1.751583	0.733109	1.621351	0.812171	1

Bobot

0.11
0.34
0.14
0.21
0.21

Vector P

0.55
1.71
0.68
1.05
1.04

Vector Q

5.03
5.05
5.03
5.03
5.03

R = 25.17

Lamda maksimum,
λmaks = 5.03

Consistency Index:

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n - 1}$$

CI = 0.01

Ratio Index:

Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

RI = 1.12

Maka,

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

syarat: CR ≤ 0.10

CR = 0.0075 --> konsisten

b. Bobot alternatif untuk kriteria ketersediaan sumber daya

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.07892	1.884974	2.979613
Me	0.481019	1	0.528595	3.087729
Mk	0.530511	1.891809	1	2.653105
Pk	0.335614	0.323863	0.376917	1
	2.347144	5.294591	3.790486	9.720447

Normalisasi

0.43	0.39	0.50	0.31
0.20	0.19	0.14	0.32
0.23	0.36	0.26	0.27
0.14	0.06	0.10	0.10
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.41
Me	0.21
Mk	0.28
Pk	0.10
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.07892	1.884974	2.979613
Me	0.481019	1	0.528595	3.087729
Mk	0.530511	1.891809	1	2.653105
Pk	0.335614	0.323863	0.376917	1

Bobot

0.41
0.21
0.28
0.10

Vector P

1.68
0.87
1.17
0.41

Vector Q

4.14
4.09
4.17
4.06

R = 16.45

Lamda maksimum,
λmaks = 4.11

CI = 0.04

RI = 0.90

CR = 0.0417 --> konsisten

c. Bobot alternatif untuk kriteria resiko dan dampak terkecil

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.365881	3.062779	3.877116
Me	0.422676	1	0.611786	3.950586
Mk	0.326501	1.634559	1	4.02117
Pk	0.257924	0.253127	0.248684	1
	2.0071	5.253567	4.923249	12.84887

Normalisasi

0.50	0.45	0.62	0.30
0.21	0.19	0.12	0.31
0.16	0.31	0.20	0.31
0.13	0.05	0.05	0.08
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.47
Me	0.21
Mk	0.25
Pk	0.08
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.365881	3.062779	3.877116
Me	0.422676	1	0.611786	3.950586
Mk	0.326501	1.634559	1	4.02117
Pk	0.257924	0.253127	0.248684	1

Bobot

0.47
0.21
0.25
0.08

Vector P

2.01
0.86
1.05
0.31

Vector Q

4.30
4.12
4.23
4.08

R = 16.74

Lamda maksimum,
λmaks = 4.19

CI = 0.06

RI = 0.90

CR = 0.0686 --> konsisten

d. Bobot alternatif untuk kriteria **sisa material** yang dapat digunakan kembali

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.986968	1.849897	3.595061
Me	0.503279	1	0.587731	2.657041
Mk	0.540571	1.701459	1	2.765789
Pk	0.278159	0.376358	0.361561	1
	2.322009	5.064785	3.799188	10.01789

Normalisasi

0.43	0.39	0.49	0.36
0.22	0.20	0.15	0.27
0.23	0.34	0.26	0.28
0.12	0.07	0.10	0.10
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.42
Me	0.21
Mk	0.28
Pk	0.10
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.986968	1.849897	3.595061
Me	0.503279	1	0.587731	2.657041
Mk	0.540571	1.701459	1	2.765789
Pk	0.278159	0.376358	0.361561	1

Bobot

0.42
0.21
0.28
0.10

Vector P

1.69
0.84
1.13
0.39

Vector Q

4.06
4.03
4.07
4.03

R = 16.18

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.05$

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0169 --> konsisten

e. Bobot alternatif untuk kriteria **waktu tersingkat**

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.059526	0.523766	1.885765
Me	0.943818	1	0.517434	1.633874
Mk	1.909249	1.932614	1	1.997179
Pk	0.530289	0.612042	0.500706	1
	4.383356	4.604183	2.541906	6.516819

Normalisasi

0.23	0.23	0.21	0.29
0.22	0.22	0.20	0.25
0.44	0.42	0.39	0.31
0.12	0.13	0.20	0.15
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.24
Me	0.22
Mk	0.39
Pk	0.15
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.059526	0.523766	1.885765
Me	0.943818	1	0.517434	1.633874
Mk	1.909249	1.932614	1	1.997179
Pk	0.530289	0.612042	0.500706	1

Bobot

0.24
0.22
0.39
0.15

Vector P

0.96
0.89
1.57
0.61

Vector Q

4.03
4.04
4.05
4.02

R = 16.14

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.04$

CI = 0.01

RI = 0.90

CR = 0.0132 --> konsisten

f. Bobot alternatif untuk kriteria **biaya termurah**

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.57836	1.686644	3.034802
Me	0.633569	1	0.690607	3.301649
Mk	0.592893	1.448002	1	3.711961
Pk	0.329511	0.302879	0.269399	1
	2.555973	4.329241	3.64665	11.04841

Normalisasi

0.39	0.36	0.46	0.27
0.25	0.23	0.19	0.30
0.23	0.33	0.27	0.34
0.13	0.07	0.07	0.09
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.37
Me	0.24
Mk	0.29
Pk	0.09
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.57836	1.686644	3.034802
Me	0.633569	1	0.690607	3.301649
Mk	0.592893	1.448002	1	3.711961
Pk	0.329511	0.302879	0.269399	1

Bobot

0.37
0.24
0.29
0.09

Vector P

1.53
0.98
1.20
0.37

Vector Q

4.09
4.06
4.09
4.03

R = 16.27

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.07$

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0250 --> konsisten

Sehingga, **metode pembongkaran** yang sesuai untuk **bangunan tipe C** adalah

Kriteria/ Alternatif	SD	RD	SM	W	B
Ma	0.41	0.47	0.42	0.24	0.37
Me	0.21	0.21	0.21	0.22	0.24
Mk	0.28	0.25	0.28	0.39	0.29
Pk	0.10	0.08	0.10	0.15	0.09
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

x

Bobot Kriteria
0.11
0.34
0.14
0.21
0.21

=

Ma

Me

Mk

Pk

0.39
0.22
0.29
0.10
1.00

Tipe D (padat, sederhana, B3)

a. Bobot kriteria bangunan tipe D

Menentukan Bobot:

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.233512	0.558617	0.483694	0.392934
RD	4.28243	1	4.166145	3.910339	3.910339
SM	1.790136	0.24003	1	0.457309	0.679506
W	2.067424	0.255732	2.186705	1	1.167313
B	2.544956	0.255732	1.471657	0.856668	1
	11.68495	1.985007	9.383124	6.70801	7.150093

Normalisasi

0.09	0.12	0.06	0.07	0.05
0.37	0.50	0.44	0.58	0.55
0.15	0.12	0.11	0.07	0.10
0.18	0.13	0.23	0.15	0.16
0.22	0.13	0.16	0.13	0.14
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

SD	0.08
RD	0.49
SM	0.11
W	0.17
B	0.15
	1.00

Menentukan Consistency Ratio (CR):

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.233512	0.558617	0.483694	0.392934
RD	4.28243	1	4.166145	3.910339	3.910339
SM	1.790136	0.24003	1	0.457309	0.679506
W	2.067424	0.255732	2.186705	1	1.167313
B	2.544956	0.255732	1.471657	0.856668	1

Bobot

0.08
0.49
0.11
0.17
0.15

Vector P

0.40
2.54
0.55
0.87
0.78

Vector Q

5.08
5.21
5.04
5.14
5.08

R = 25.54

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 5.11$

Consistency Index:

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n - 1}$$

CI = 0.03

Ratio Index:

Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

RI = 1.12

Maka,

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

syarat: $CR \leq 0.10$

CR = 0.0241 --> konsisten

b. Bobot alternatif untuk kriteria ketersediaan sumber daya

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.27623	2.392237	4.000659
Me	0.439323	1	1.084453	4.260535
Mk	0.418019	0.922124	1	4.418835
Pk	0.249959	0.234712	0.226304	1
	2.107301	4.433066	4.702995	13.68003

Normalisasi

0.47	0.51	0.51	0.29
0.21	0.23	0.23	0.31
0.20	0.21	0.21	0.32
0.12	0.05	0.05	0.07
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.45
Me	0.24
Mk	0.24
Pk	0.07
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.27623	2.392237	4.000659
Me	0.439323	1	1.084453	4.260535
Mk	0.418019	0.922124	1	4.418835
Pk	0.249959	0.234712	0.226304	1

Bobot

0.45
0.24
0.24
0.07

Vector P

1.86
1.01
0.97
0.30

Vector Q

4.16
4.13
4.12
4.04

R = 16.45

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.11$

CI = 0.04

RI = 0.90

CR = 0.0414 --> konsisten

c. Bobot alternatif untuk kriteria resiko dan dampak terkecil

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	3.187455	2.826665	4.450098
Me	0.31373	1	0.664724	3.120818
Mk	0.353774	1.504383	1	3.551596
Pk	0.224714	0.320429	0.281564	1
	1.892218	6.012268	4.772953	12.12251

Normalisasi

0.53	0.53	0.59	0.37
0.17	0.17	0.14	0.26
0.19	0.25	0.21	0.29
0.12	0.05	0.06	0.08
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.50
Me	0.18
Mk	0.23
Pk	0.08
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	3.187455	2.826665	4.450098
Me	0.31373	1	0.664724	3.120818
Mk	0.353774	1.504383	1	3.551596
Pk	0.224714	0.320429	0.281564	1

Bobot

0.50
0.18
0.23
0.08

Vector P

2.10
0.74
0.97
0.32

Vector Q

4.16
4.07
4.11
4.04

R = 16.37

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.09$

CI = 0.03

RI = 0.90

CR = 0.0346 --> konsisten

d. Bobot alternatif untuk kriteria **siswa material** yang dapat digunakan kembali

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.69242	3.064064	4.746257
Me	0.371413	1	0.807689	3.31509
Mk	0.326364	1.2381	1	4.068675
Pk	0.210692	0.301651	0.24578	1
	1.908469	5.23217	5.117534	13.13002

Normalisasi

0.52	0.51	0.60	0.36
0.19	0.19	0.16	0.25
0.17	0.24	0.20	0.31
0.11	0.06	0.05	0.08
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.50
Me	0.20
Mk	0.23
Pk	0.07
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	2.69242	3.064064	4.746257
Me	0.371413	1	0.807689	3.31509
Mk	0.326364	1.2381	1	4.068675
Pk	0.210692	0.301651	0.24578	1

Bobot

0.50
0.20
0.23
0.07

Vector P

2.08
0.81
0.93
0.29

Vector Q

4.17
4.08
4.10
4.03

R = 16.37

Lamda maksimum,
 λ_{maks} = 4.09

CI = 0.03

RI = 0.90

CR = 0.0341 --> konsisten

e. Bobot alternatif untuk kriteria **waktu** tersingkat

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.238634	1.776416	2.653105
Me	0.807341	1	0.687084	1.761323
Mk	0.562931	1.455426	1	1.841646
Pk	0.376917	0.567755	0.542992	1
	2.747189	4.261815	4.006493	7.256074

Normalisasi

0.36	0.29	0.44	0.37
0.29	0.23	0.17	0.24
0.20	0.34	0.25	0.25
0.14	0.13	0.14	0.14
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.37
Me	0.24
Mk	0.26
Pk	0.14
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.238634	1.776416	2.653105
Me	0.807341	1	0.687084	1.761323
Mk	0.562931	1.455426	1	1.841646
Pk	0.376917	0.567755	0.542992	1

Bobot

0.37
0.24
0.26
0.14

Vector P

1.48
0.95
1.06
0.55

Vector Q

4.06
4.03
4.05
4.05

R = 16.19

Lamda maksimum,
 λ_{maks} = 4.05

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0171 --> konsisten

f. Bobot alternatif untuk kriteria **biaya** termurah

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.952091	2.45012	2.838138
Me	0.512271	1	0.612958	3.721505
Mk	0.408143	1.631434	1	4.319127
Pk	0.352344	0.268708	0.231528	1
	2.272758	4.852233	4.294607	11.87877

Normalisasi

0.44	0.40	0.57	0.24
0.23	0.21	0.14	0.31
0.18	0.34	0.23	0.36
0.16	0.06	0.05	0.08
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.41
Me	0.22
Mk	0.28
Pk	0.09
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	1.952091	2.45012	2.838138
Me	0.512271	1	0.612958	3.721505
Mk	0.408143	1.631434	1	4.319127
Pk	0.352344	0.268708	0.231528	1

Bobot

0.41
0.22
0.28
0.09

Vector P

1.77
0.93
1.18
0.36

Vector Q

4.30
4.18
4.26
4.09

R = 16.83

Lamda maksimum,
 λ_{maks} = 4.21

CI = 0.07

RI = 0.90

CR = 0.0773 --> konsisten

Sehingga, **metode pembongkaran** yang sesuai untuk **bangunan tipe D** adalah

Kriteria/ Alternatif	SD	RD	SM	W	B
Ma	0.45	0.50	0.50	0.37	0.41
Me	0.24	0.18	0.20	0.24	0.22
Mk	0.24	0.23	0.23	0.26	0.28
Pk	0.07	0.08	0.07	0.14	0.09
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

x

Bobot Kriteria
0.08
0.49
0.11
0.17
0.15

=

Ma

Me

Mk

Pk

0.46
0.20
0.25
0.09
1.00

Tipe E (renggang, kompleks, non-B3)

a. Bobot kriteria bangunan tipe E

Menentukan Bobot:

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.93861	1.978083	0.424396	0.294281
RD	1.065405	1	1.978083	1.12379	1.178554
SM	0.50554	0.50554	1	0.334182	0.336905
W	2.356289	0.889846	2.992378	1	0.611786
B	3.398118	0.848497	2.968199	1.634559	1
	8.325352	4.182494	10.91674	4.516928	3.421525

Normalisasi

0.12	0.22	0.18	0.09	0.09
0.13	0.24	0.18	0.25	0.34
0.06	0.12	0.09	0.07	0.10
0.28	0.21	0.27	0.22	0.18
0.41	0.20	0.27	0.36	0.29
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

SD	0.14
RD	0.23
SM	0.09
W	0.23
B	0.31
	1.00

Menentukan Consistency Ratio (CR):

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.93861	1.978083	0.424396	0.294281
RD	1.065405	1	1.978083	1.12379	1.178554
SM	0.50554	0.50554	1	0.334182	0.336905
W	2.356289	0.889846	2.992378	1	0.611786
B	3.398118	0.848497	2.968199	1.634559	1

Bobot

0.14
0.23
0.09
0.23
0.31

Vector P

0.72
1.18
0.46
1.22
1.63

Vector Q

5.11
5.17
5.13
5.23
5.30

R = 25.94

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 5.19

Consistency Index:

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n - 1}$$

CI = 0.05

Ratio Index:

Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

RI = 1.12

Maka,

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

syarat: CR ≤ 0.10

CR = 0.0422 --> konsisten

b. Bobot alternatif untuk kriteria ketersediaan sumber daya

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.226304	0.222332	0.574825
Me	4.418835	1	1.415328	1.546694
Mk	4.497786	0.70655	1	0.725803
Pk	1.739659	0.64654	1.377783	1
	11.65628	2.579394	4.015444	3.847322

Normalisasi

0.09	0.09	0.06	0.15
0.38	0.39	0.35	0.40
0.39	0.27	0.25	0.19
0.15	0.25	0.34	0.26
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.09
Me	0.38
Mk	0.27
Pk	0.25
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.226304	0.222332	0.574825
Me	4.418835	1	1.415328	1.546694
Mk	4.497786	0.70655	1	0.725803
Pk	1.739659	0.64654	1.377783	1

Bobot

0.09
0.38
0.27
0.25

Vector P

0.39
1.57
1.15
1.04

Vector Q

4.08
4.14
4.19
4.14

R = 16.56

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 4.14

CI = 0.05

RI = 0.90

CR = 0.0515 --> konsisten

c. Bobot alternatif untuk kriteria resiko dan dampak terkecil

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.342489	0.242087	0.492975
Me	2.919804	1	0.514135	0.67445
Mk	4.130748	1.945015	1	0.729235
Pk	2.0285	1.48269	1.371301	1
	10.07905	4.770194	3.127522	2.89666

Normalisasi

0.10	0.07	0.08	0.17
0.29	0.21	0.16	0.23
0.41	0.41	0.32	0.25
0.20	0.31	0.44	0.35
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.10
Me	0.22
Mk	0.35
Pk	0.32
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.342489	0.242087	0.492975
Me	2.919804	1	0.514135	0.67445
Mk	4.130748	1.945015	1	0.729235
Pk	2.0285	1.48269	1.371301	1

Bobot

0.10
0.22
0.35
0.32

Vector P

0.43
0.93
1.45
1.34

Vector Q

4.06
4.13
4.18
4.15

R = 16.53

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 4.13

CI = 0.04

RI = 0.90

CR = 0.0490 --> konsisten

d. Bobot alternatif untuk kriteria **sisa material** yang dapat digunakan kembali

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.797915	0.996793	1.810078
Me	1.253267	1	1.21067	1.820144
Mk	1.003217	0.825989	1	1.962946
Pk	0.552462	0.549407	0.509438	1
	3.808946	3.173311	3.716902	6.593168

Normalisasi

0.26	0.25	0.27	0.27
0.33	0.32	0.33	0.28
0.26	0.26	0.27	0.30
0.15	0.17	0.14	0.15
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.26
Me	0.31
Mk	0.27
Pk	0.15
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.797915	0.996793	1.810078
Me	1.253267	1	1.21067	1.820144
Mk	1.003217	0.825989	1	1.962946
Pk	0.552462	0.549407	0.509438	1

Bobot

0.26
0.31
0.27
0.15

Vector P

1.06
1.25
1.09
0.61

Vector Q

4.01
4.01
4.01
4.01

R = 16.03

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.01$

CI = 0.00

RI = 0.90

CR = 0.0029 --> konsisten

e. Bobot alternatif untuk kriteria **waktu** tersingkat

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.288373	0.283193	0.20682
Me	3.467725	1	0.904975	0.229805
Mk	3.531163	1.105003	1	0.230838
Pk	4.835111	4.351508	4.332048	1
	12.834	6.744885	6.520216	1.667464

Normalisasi

0.08	0.04	0.04	0.12
0.27	0.15	0.14	0.14
0.28	0.16	0.15	0.14
0.38	0.65	0.66	0.60
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.07
Me	0.17
Mk	0.18
Pk	0.57
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.288373	0.283193	0.20682
Me	3.467725	1	0.904975	0.229805
Mk	3.531163	1.105003	1	0.230838
Pk	4.835111	4.351508	4.332048	1

Bobot

0.07
0.17
0.18
0.57

Vector P

0.29
0.72
0.76
2.47

Vector Q

4.05
4.14
4.17
4.32

R = 16.68

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.17$

CI = 0.06

RI = 0.90

CR = 0.0632 --> konsisten

f. Bobot alternatif untuk kriteria **biaya** termurah

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.227222	0.243433	0.294907
Me	4.400973	1	1.04986	0.419084
Mk	4.107906	0.952508	1	0.378447
Pk	3.390899	2.386154	2.64238	1
	12.89978	4.565884	4.935673	2.092438

Normalisasi

0.08	0.05	0.05	0.14
0.34	0.22	0.21	0.20
0.32	0.21	0.20	0.18
0.26	0.52	0.54	0.48
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.08
Me	0.24
Mk	0.23
Pk	0.45
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.227222	0.243433	0.294907
Me	4.400973	1	1.04986	0.419084
Mk	4.107906	0.952508	1	0.378447
Pk	3.390899	2.386154	2.64238	1

Bobot

0.08
0.24
0.23
0.45

Vector P

0.32
1.02
0.96
1.90

Vector Q

4.06
4.19
4.20
4.23

R = 16.68

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.17$

CI = 0.06

RI = 0.90

CR = 0.0633 --> konsisten

Sehingga, **metode pembongkaran** yang sesuai untuk **bangunan tipe E** adalah

Kriteria/ Alternatif	SD	RD	SM	W	B
Ma	0.09	0.10	0.26	0.07	0.08
Me	0.38	0.22	0.31	0.17	0.24
Mk	0.27	0.35	0.27	0.18	0.23
Pk	0.25	0.32	0.15	0.57	0.45
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

x

Bobot Kriteria
0.14
0.23
0.09
0.23
0.31

=

Ma

Me

Mk

Pk

0.10
0.25
0.26
0.39
1.00

Tipe F (padat, kompleks, non-B3)

a. Bobot kriteria bangunan tipe F

Menentukan Bobot:

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.215841	2.362347	1.003004	0.374527
RD	4.633042	1	5.676681	3.419922	3.623497
SM	0.423308	0.176159	1	0.235822	0.324078
W	0.997005	0.292404	4.240488	1	0.781251
B	2.670038	0.275976	3.085674	1.279999	1
	9.723393	1.960381	16.36519	6.938747	6.103352

Normalisasi

0.10	0.11	0.14	0.14	0.06
0.48	0.51	0.35	0.49	0.59
0.04	0.09	0.06	0.03	0.05
0.10	0.15	0.26	0.14	0.13
0.27	0.14	0.19	0.18	0.16
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

SD	0.11
RD	0.48
SM	0.06
W	0.16
B	0.19
	1.00

Menentukan Consistency Ratio (CR):

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.215841	2.362347	1.003004	0.374527
RD	4.633042	1	5.676681	3.419922	3.623497
SM	0.423308	0.176159	1	0.235822	0.324078
W	0.997005	0.292404	4.240488	1	0.781251
B	2.670038	0.275976	3.085674	1.279999	1

Bobot

0.11
0.48
0.06
0.16
0.19

Vector P

0.58
2.55
0.29
0.80
1.00

Vector Q

5.14
5.27
5.11
5.10
5.25

R = 25.86

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 5.17

Consistency Index:

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n - 1}$$

CI = 0.04

Ratio Index:

Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

RI = 1.12

Maka,

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

syarat: CR ≤ 0.10

CR = 0.0384 --> konsisten

b. Bobot alternatif untuk kriteria ketersediaan sumber daya

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.332548	0.577043	1.90722
Me	3.007081	1	1.411699	2.994925
Mk	1.732974	0.708366	1	3.501947
Pk	0.524323	0.333898	0.285555	1
	6.264378	2.374813	3.274297	9.404092

Normalisasi

0.16	0.14	0.18	0.20
0.48	0.42	0.43	0.32
0.28	0.30	0.31	0.37
0.08	0.14	0.09	0.11
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.17
Me	0.41
Mk	0.31
Pk	0.10
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.332548	0.577043	1.90722
Me	3.007081	1	1.411699	2.994925
Mk	1.732974	0.708366	1	3.501947
Pk	0.524323	0.333898	0.285555	1

Bobot

0.17
0.41
0.31
0.10

Vector P

0.69
1.68
1.27
0.42

Vector Q

4.05
4.07
4.04
4.03

R = 16.18

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 4.05

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0168 --> konsisten

c. Bobot alternatif untuk kriteria resiko dan dampak terkecil

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.725499	0.617426	2.958716
Me	1.378361	1	1.893419	3.863063
Mk	1.619628	0.528145	1	3.779912
Pk	0.337984	0.258862	0.264556	1
	4.335974	2.512506	3.775401	11.60169

Normalisasi

0.23	0.29	0.16	0.26
0.32	0.40	0.50	0.33
0.37	0.21	0.26	0.33
0.08	0.10	0.07	0.09
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.23
Me	0.39
Mk	0.29
Pk	0.08
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.725499	0.617426	2.958716
Me	1.378361	1	1.893419	3.863063
Mk	1.619628	0.528145	1	3.779912
Pk	0.337984	0.258862	0.264556	1

Bobot

0.23
0.39
0.29
0.08

Vector P

0.95
1.59
1.20
0.34

Vector Q

4.04
4.11
4.08
4.05

R = 16.27

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 4.07

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0252 --> konsisten

d. Bobot alternatif untuk kriteria **siswa material** yang dapat digunakan kembali

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.702651	0.893083	3.360639
Me	1.423182	1	1.411699	3.691478
Mk	1.119716	0.708366	1	4.144037
Pk	0.297562	0.270894	0.241311	1
	3.84046	2.681912	3.546092	12.19615

Normalisasi

0.26	0.26	0.25	0.28
0.37	0.37	0.40	0.30
0.29	0.26	0.28	0.34
0.08	0.10	0.07	0.08
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.26
Me	0.36
Mk	0.29
Pk	0.08
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.702651	0.893083	3.360639
Me	1.423182	1	1.411699	3.691478
Mk	1.119716	0.708366	1	4.144037
Pk	0.297562	0.270894	0.241311	1

Bobot

0.26
0.36
0.29
0.08

Vector P

1.06
1.45
1.18
0.33

Vector Q

4.02
4.03
4.02
4.01

R = 16.08

Lamda maksimum,
λmaks = 4.02

CI = 0.01

RI = 0.90

CR = 0.0070 --> konsisten

e. Bobot alternatif untuk kriteria **waktu** tersingkat

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.207968	0.344538	2.200303
Me	4.808431	1	1.736311	2.099892
Mk	2.90244	0.575934	1	2.009599
Pk	0.454483	0.476215	0.497612	1
	9.165354	2.260117	3.578461	7.309793

Normalisasi

0.11	0.09	0.10	0.30
0.52	0.44	0.49	0.29
0.32	0.25	0.28	0.27
0.05	0.21	0.14	0.14
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.15
Me	0.43
Mk	0.28
Pk	0.13
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.207968	0.344538	2.200303
Me	4.808431	1	1.736311	2.099892
Mk	2.90244	0.575934	1	2.009599
Pk	0.454483	0.476215	0.497612	1

Bobot

0.15
0.43
0.28
0.13

Vector P

0.63
1.92
1.24
0.55

Vector Q

4.22
4.43
4.39
4.10

R = 17.14

Lamda maksimum,
λmaks = 4.28

CI = 0.09

RI = 0.90

CR = 0.1052 --> tidak konsisten

f. Bobot alternatif untuk kriteria **biaya** termurah

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.216434	0.386939	1.777161
Me	4.620351	1	1.361697	2.53739
Mk	2.584388	0.734378	1	2.219656
Pk	0.562695	0.394106	0.45052	1
	8.767435	2.344917	3.199156	7.534207

Normalisasi

0.11	0.09	0.12	0.24
0.53	0.43	0.43	0.34
0.29	0.31	0.31	0.29
0.06	0.17	0.14	0.13
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.14
Me	0.43
Mk	0.30
Pk	0.13
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.216434	0.386939	1.777161
Me	4.620351	1	1.361697	2.53739
Mk	2.584388	0.734378	1	2.219656
Pk	0.562695	0.394106	0.45052	1

Bobot

0.14
0.43
0.30
0.13

Vector P

0.58
1.81
1.26
0.51

Vector Q

4.09
4.23
4.16
4.05

R = 16.52

Lamda maksimum,
λmaks = 4.13

CI = 0.04

RI = 0.90

CR = 0.0485 --> konsisten

Sehingga, **metode pembongkaran** yang sesuai untuk **bangunan tipe F** adalah

Kriteria/ Alternatif	SD	RD	SM	W	B
Ma	0.17	0.23	0.26	0.15	0.14
Me	0.41	0.39	0.36	0.43	0.43
Mk	0.31	0.29	0.29	0.28	0.30
Pk	0.10	0.08	0.08	0.13	0.13
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot Kriteria
0.11
0.48
0.06
0.16
0.19

Ma	0.20
Me	0.40
Mk	0.30
Pk	0.10
	1.00

Tipe G (renggang, kompleks, B3)

a. Bobot kriteria bangunan tipe G

Menentukan Bobot:

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.410073	1.105726	0.729541	0.732023
RD	2.438592	1	3.107437	2.244825	2.152437
SM	0.904383	0.321809	1	0.799976	0.915067
W	1.370726	0.445469	1.250038	1	0.950698
B	1.366077	0.46459	1.092816	1.051859	1
	7.079778	2.64194	7.556016	5.826201	5.750225

Normalisasi

0.14	0.16	0.15	0.13	0.13
0.34	0.38	0.41	0.39	0.37
0.13	0.12	0.13	0.14	0.16
0.19	0.17	0.17	0.17	0.17
0.19	0.18	0.14	0.18	0.17
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

SD	0.14
RD	0.38
SM	0.14
W	0.17
B	0.17
	1.00

Menentukan Consistency Ratio (CR):

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.410073	1.105726	0.729541	0.732023
RD	2.438592	1	3.107437	2.244825	2.152437
SM	0.904383	0.321809	1	0.799976	0.915067
W	1.370726	0.445469	1.250038	1	0.950698
B	1.366077	0.46459	1.092816	1.051859	1

Bobot

0.14
0.38
0.14
0.17
0.17

Vector P

0.70
1.90
0.68
0.87
0.87

Vector Q

5.02
5.02
5.02
5.01
5.01

R = 25.08

Lamda maksimum,
λmaks = 5.02

Consistency Index:

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n - 1}$$

CI = 0.00

Ratio Index:

Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

RI = 1.12

Maka,

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

syarat: CR ≤ 0.10

CR = 0.0034 --> konsisten

b. Bobot alternatif untuk kriteria ketersediaan sumber daya

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.314672	0.33849	0.683717
Me	3.17791	1	0.983905	1.010716
Mk	2.954297	1.016359	1	1.764698
Pk	1.462594	0.989397	0.566669	1
	8.594801	3.320428	2.889064	4.45913

Normalisasi

0.12	0.09	0.12	0.15
0.37	0.30	0.34	0.23
0.34	0.31	0.35	0.40
0.17	0.30	0.20	0.22
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.12
Me	0.31
Mk	0.35
Pk	0.22
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.314672	0.33849	0.683717
Me	3.17791	1	0.983905	1.010716
Mk	2.954297	1.016359	1	1.764698
Pk	1.462594	0.989397	0.566669	1

Bobot

0.12
0.31
0.35
0.22

Vector P

0.49
1.26
1.41
0.90

Vector Q

4.05
4.07
4.05
4.06

R = 16.23

Lamda maksimum,
λmaks = 4.06

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0211 --> konsisten

c. Bobot alternatif untuk kriteria resiko dan dampak terkecil

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.38153	0.380551	0.851574
Me	2.621028	1	0.789455	1.62725
Mk	2.627768	1.266697	1	2.300645
Pk	1.174297	0.614534	0.434661	1
	7.423093	3.26276	2.604667	5.779468

Normalisasi

0.13	0.12	0.15	0.15
0.35	0.31	0.30	0.28
0.35	0.39	0.38	0.40
0.16	0.19	0.17	0.17
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.14
Me	0.31
Mk	0.38
Pk	0.17
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.38153	0.380551	0.851574
Me	2.621028	1	0.789455	1.62725
Mk	2.627768	1.266697	1	2.300645
Pk	1.174297	0.614534	0.434661	1

Bobot

0.14
0.31
0.38
0.17

Vector P

0.55
1.25
1.53
0.69

Vector Q

4.01
4.01
4.01
4.01

R = 16.04

Lamda maksimum,
λmaks = 4.01

CI = 0.00

RI = 0.90

CR = 0.0039 --> konsisten

d. Bobot alternatif untuk kriteria **sisa material** yang dapat digunakan kembali

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.315481	0.388021	0.632765
Me	3.169759	1	1.683419	1.599376
Mk	2.577182	0.594029	1	1.128838
Pk	1.580366	0.625244	0.885867	1
	8.327308	2.534754	3.957306	4.360979

Normalisasi

0.12	0.12	0.10	0.15
0.38	0.39	0.43	0.37
0.31	0.23	0.25	0.26
0.19	0.25	0.22	0.23
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.12
Me	0.39
Mk	0.26
Pk	0.22
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.315481	0.388021	0.632765
Me	3.169759	1	1.683419	1.599376
Mk	2.577182	0.594029	1	1.128838
Pk	1.580366	0.625244	0.885867	1

Bobot

0.12
0.39
0.26
0.22

Vector P

0.49
1.58
1.06
0.89

Vector Q

4.01
4.03
4.02
4.02

R = 16.08

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.02$

CI = 0.01

RI = 0.90

CR = 0.0073 --> konsisten

e. Bobot alternatif untuk kriteria **waktu tersingkat**

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.298199	0.308356	0.432898
Me	3.353467	1	0.905365	0.544739
Mk	3.243006	1.104527	1	1.007289
Pk	2.310011	1.835741	0.992764	1
	9.906483	4.238466	3.206485	2.984927

Normalisasi

0.10	0.07	0.10	0.15
0.34	0.24	0.28	0.18
0.33	0.26	0.31	0.34
0.23	0.43	0.31	0.34
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.10
Me	0.26
Mk	0.31
Pk	0.33
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.298199	0.308356	0.432898
Me	3.353467	1	0.905365	0.544739
Mk	3.243006	1.104527	1	1.007289
Pk	2.310011	1.835741	0.992764	1

Bobot

0.10
0.26
0.31
0.33

Vector P

0.42
1.06
1.26
1.35

Vector Q

4.05
4.10
4.08
4.12

R = 16.34

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.09$

CI = 0.03

RI = 0.90

CR = 0.0318 --> konsisten

f. Bobot alternatif untuk kriteria **biaya termurah**

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.321594	0.29877	0.436237
Me	3.109506	1	1.225501	1.39406
Mk	3.347054	0.815993	1	2.472707
Pk	2.292334	0.717329	0.404415	1
	9.748894	2.854916	2.928686	5.303004

Normalisasi

0.10	0.11	0.10	0.08
0.32	0.35	0.42	0.26
0.34	0.29	0.34	0.47
0.24	0.25	0.14	0.19
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.10
Me	0.34
Mk	0.36
Pk	0.20
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.321594	0.29877	0.436237
Me	3.109506	1	1.225501	1.39406
Mk	3.347054	0.815993	1	2.472707
Pk	2.292334	0.717329	0.404415	1

Bobot

0.10
0.34
0.36
0.20

Vector P

0.40
1.37
1.47
0.82

Vector Q

4.05
4.06
4.10
4.03

R = 16.24

Lamda maksimum,
 $\lambda_{maks} = 4.06$

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0224 --> konsisten

Sehingga, **metode pembongkaran** yang sesuai untuk **bangunan tipe G** adalah

Kriteria/ Alternatif	SD	RD	SM	W	B
Ma	0.12	0.14	0.12	0.10	0.10
Me	0.31	0.31	0.39	0.26	0.34
Mk	0.35	0.38	0.26	0.31	0.36
Pk	0.22	0.17	0.22	0.33	0.20
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

x

Bobot Kriteria
0.14
0.38
0.14
0.17
0.17

=

Ma

Me

Mk

Pk

0.12
0.32
0.34
0.22
1.00

Tipe H (padat, kompleks, B3)

a. Bobot kriteria bangunan tipe H

Menentukan Bobot:

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1	0.163694	1.14606	0.468264	0.394953
RD	6.108974	1	4.838274	3.91198	3.942146
SM	0.872555	0.206685	1	0.457698	0.345642
W	2.135545	0.255625	2.184845	1	0.946245
B	2.531944	0.253669	2.893167	1.056809	1
	12.64902	1.879673	12.06235	6.894751	6.628987

Normalisasi

0.08	0.09	0.10	0.07	0.06
0.48	0.53	0.40	0.57	0.59
0.07	0.11	0.08	0.07	0.05
0.17	0.14	0.18	0.15	0.14
0.20	0.13	0.24	0.15	0.15
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

SD	0.08
RD	0.52
SM	0.08
W	0.15
B	0.18
	1.00

Menentukan Consistency Ratio (CR):

Matriks perbandingan berpasangan

Kriteria	SD	RD	SM	W	B
SD	1				
RD	6.108974	1			
SM	0.872555	0.206685	1		
W	2.135545	0.255625	2.184845	1	
B	2.531944	0.253669	2.893167	1.056809	1

Bobot

0.08
0.52
0.08
0.15
0.18

Vector P

0.08
0.99
0.25
0.62
0.89

Vector Q

1.00
1.92
3.29
4.00
5.05

R = 15.26

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 3.05

Consistency Index:

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{n - 1}$$

CI = -0.49

Ratio Index:

Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

RI = 1.12

Maka,

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

syarat: CR ≤ 0.10

CR = -0.4349 --> konsisten

b. Bobot alternatif untuk kriteria ketersediaan sumber daya

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.37412	0.711548	1.453269
Me	2.672937	1	1.549007	1.766592
Mk	1.405386	0.645575	1	1.923563
Pk	0.688104	0.566062	0.519869	1
	5.766426	2.585757	3.780424	6.143425

Normalisasi

0.17	0.14	0.19	0.24
0.46	0.39	0.41	0.29
0.24	0.25	0.26	0.31
0.12	0.22	0.14	0.16
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.19
Me	0.39
Mk	0.27
Pk	0.16
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.37412	0.711548	1.453269
Me	2.672937	1	1.549007	1.766592
Mk	1.405386	0.645575	1	1.923563
Pk	0.688104	0.566062	0.519869	1

Bobot

0.19
0.39
0.27
0.16

Vector P

0.75
1.58
1.09
0.65

Vector Q

4.05
4.08
4.05
4.04

R = 16.24

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 4.06

CI = 0.02

RI = 0.90

CR = 0.0220 --> konsisten

c. Bobot alternatif untuk kriteria resiko dan dampak terkecil

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.555892	0.533805	2.885145
Me	1.79891	1	1.314312	2.365852
Mk	1.873344	0.760854	1	2.251125
Pk	0.346603	0.422681	0.444222	1
	5.018857	2.739427	3.292339	8.502122

Normalisasi

0.20	0.20	0.16	0.34
0.36	0.37	0.40	0.28
0.37	0.28	0.30	0.26
0.07	0.15	0.13	0.12
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.23
Me	0.35
Mk	0.30
Pk	0.12
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.555892	0.533805	2.885145
Me	1.79891	1	1.314312	2.365852
Mk	1.873344	0.760854	1	2.251125
Pk	0.346603	0.422681	0.444222	1

Bobot

0.23
0.35
0.30
0.12

Vector P

0.93
1.44
1.26
0.48

Vector Q

4.10
4.11
4.14
4.04

R = 16.39

Lamda maksimum,
λ_{maks} = 4.10

CI = 0.03

RI = 0.90

CR = 0.0362 --> konsisten

d. Bobot alternatif untuk kriteria **sisa material** yang dapat digunakan kembali

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.619006	1.248186	2.295283
Me	1.615494	1	1.620672	2.702214
Mk	0.801163	0.617028	1	2.812213
Pk	0.435676	0.370067	0.355592	1
	3.852333	2.606101	4.224449	8.80971

Normalisasi

0.26	0.24	0.30	0.26
0.42	0.38	0.38	0.31
0.21	0.24	0.24	0.32
0.11	0.14	0.08	0.11
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.26
Me	0.37
Mk	0.25
Pk	0.11
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.619006	1.248186	2.295283
Me	1.615494	1	1.620672	2.702214
Mk	0.801163	0.617028	1	2.812213
Pk	0.435676	0.370067	0.355592	1

Bobot

0.26
0.37
0.25
0.11

Vector P

1.07
1.51
1.01
0.46

Vector Q

4.05
4.04
4.04
4.02

R = 16.15

Lamda maksimum,
λmaks = 4.04

CI = 0.01

RI = 0.90

CR = 0.0140 --> konsisten

e. Bobot alternatif untuk kriteria **waktu tersingkat**

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.253612	0.282285	1.282737
Me	3.943032	1	1.795452	1.762062
Mk	3.542522	0.556963	1	1.882948
Pk	0.779583	0.567517	0.531082	1
	9.265137	2.378092	3.608819	5.927747

Normalisasi

0.11	0.11	0.08	0.22
0.43	0.42	0.50	0.30
0.38	0.23	0.28	0.32
0.08	0.24	0.15	0.17
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.13
Me	0.41
Mk	0.30
Pk	0.16
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.253612	0.282285	1.282737
Me	3.943032	1	1.795452	1.762062
Mk	3.542522	0.556963	1	1.882948
Pk	0.779583	0.567517	0.531082	1

Bobot

0.13
0.41
0.30
0.16

Vector P

0.52
1.74
1.28
0.65

Vector Q

4.10
4.23
4.24
4.09

R = 16.66

Lamda maksimum,
λmaks = 4.16

CI = 0.05

RI = 0.90

CR = 0.0607 --> konsisten

f. Bobot alternatif untuk kriteria **biaya termurah**

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.314672	0.477138	1.882159
Me	3.17791	1	2.043285	2.527102
Mk	2.09583	0.489408	1	1.40959
Pk	0.531305	0.39571	0.709426	1
	6.805044	2.19979	4.229849	6.818851

Normalisasi

0.15	0.14	0.11	0.28
0.47	0.45	0.48	0.37
0.31	0.22	0.24	0.21
0.08	0.18	0.17	0.15
1.00	1.00	1.00	1.00

Bobot

Ma	0.17
Me	0.44
Mk	0.24
Pk	0.14
	1.00

Matriks perbandingan berpasangan

Alternatif	Ma	Me	Mk	Pk
Ma	1	0.314672	0.477138	1.882159
Me	3.17791	1	2.043285	2.527102
Mk	2.09583	0.489408	1	1.40959
Pk	0.531305	0.39571	0.709426	1

Bobot

0.17
0.44
0.24
0.14

Vector P

0.69
1.84
1.02
0.58

Vector Q

4.09
4.15
4.18
4.06

R = 16.49

Lamda maksimum,
λmaks = 4.12

CI = 0.04

RI = 0.90

CR = 0.0455 --> konsisten

Sehingga, **metode pembongkaran** yang sesuai untuk **bangunan tipe H** adalah

Kriteria/ Alternatif	SD	RD	SM	W	B
Ma	0.19	0.23	0.26	0.13	0.17
Me	0.39	0.35	0.37	0.41	0.44
Mk	0.27	0.30	0.25	0.30	0.24
Pk	0.16	0.12	0.11	0.16	0.14
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

x

Bobot Kriteria
0.08
0.52
0.08
0.15
0.18

=

Ma

Me

Mk

Pk

0.20
0.38
0.29
0.13
1.00

Lampiran III – Rekapitulasi Perhitungan Matriks Perbandingan AHP

-Halaman ini sengaja dikosongkan-

Rekapitulasi Perhitungan Matriks Perbandingan AHP

Tipe Proyek	Metode	Responden ke-													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A (renggang, sederhana, non-B3)	Man	0.33	0.30	0.11	0.27	0.42	0.26	0.34	0.42	0.43	0.28	0.16	0.54	0.44	0.56
	Mes	0.27	0.25	0.25	0.20	0.12	0.11	0.16	0.16	0.16	0.41	0.39	0.25	0.11	0.21
	Mek	0.27	0.27	0.40	0.26	0.38	0.48	0.43	0.37	0.34	0.25	0.38	0.15	0.39	0.16
	Pk	0.13	0.18	0.24	0.27	0.07	0.15	0.07	0.06	0.07	0.06	0.08	0.06	0.06	0.07
B (padat, sederhana, non-B3)	Man	0.41	0.32	0.18	0.34	0.24	0.38	0.62	0.63	0.49	0.56	0.54	0.54	0.57	0.55
	Mes	0.24	0.34	0.44	0.24	0.22	0.14	0.10	0.11	0.18	0.24	0.27	0.26	0.14	0.14
	Mek	0.23	0.26	0.22	0.25	0.25	0.26	0.24	0.20	0.28	0.15	0.15	0.14	0.24	0.24
	Pk	0.13	0.07	0.15	0.17	0.29	0.22	0.04	0.05	0.06	0.04	0.05	0.06	0.05	0.07
C (renggang, sederhana, B3)	Man	0.41	0.23	0.14	0.11	0.19	0.45	0.59	0.44	0.45	0.30	0.51	0.47	0.49	0.17
	Mes	0.19	0.40	0.24	0.26	0.15	0.14	0.11	0.16	0.17	0.45	0.21	0.21	0.11	0.27
	Mek	0.19	0.31	0.21	0.27	0.23	0.26	0.25	0.34	0.33	0.20	0.23	0.27	0.34	0.46
	Pk	0.20	0.06	0.41	0.36	0.42	0.15	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05	0.10
D (padat, sederhana, B3)	Man	0.44	0.41	0.15	0.32	0.08	0.40	0.61	0.61	0.52	0.48	0.51	0.54	0.56	0.17
	Mes	0.20	0.22	0.29	0.17	0.31	0.14	0.12	0.13	0.19	0.34	0.27	0.26	0.11	0.27
	Mek	0.20	0.33	0.50	0.19	0.34	0.26	0.22	0.21	0.23	0.13	0.15	0.14	0.27	0.46
	Pk	0.15	0.05	0.07	0.33	0.27	0.19	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06	0.06	0.10
E (renggang, kompleks, non-B3)	Man	0.34	0.16	0.08	0.19	0.13	0.08	0.11	0.06	0.05	0.05	0.05	0.10	0.04	0.15
	Mes	0.19	0.35	0.13	0.22	0.25	0.23	0.31	0.23	0.30	0.30	0.29	0.14	0.16	0.32
	Mek	0.20	0.43	0.22	0.18	0.35	0.16	0.30	0.15	0.18	0.18	0.17	0.31	0.24	0.46
	Pk	0.26	0.06	0.57	0.41	0.27	0.53	0.29	0.56	0.47	0.47	0.49	0.45	0.56	0.07
F (padat, kompleks, non-B3)	Man	0.52	0.21	0.11	0.09	0.33	0.37	0.21	0.16	0.23	0.38	0.39	0.20	0.09	0.16
	Mes	0.19	0.41	0.22	0.25	0.12	0.26	0.51	0.49	0.56	0.44	0.41	0.19	0.55	0.41
	Mek	0.19	0.31	0.44	0.19	0.28	0.20	0.22	0.30	0.16	0.13	0.14	0.53	0.30	0.31
	Pk	0.09	0.06	0.23	0.48	0.27	0.17	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.08	0.06	0.12
G (renggang, kompleks, B3)	Man	0.34	0.20	0.07	0.17	0.10	0.06	0.12	0.13	0.05	0.08	0.09	0.63	0.05	0.10
	Mes	0.21	0.35	0.17	0.18	0.40	0.20	0.41	0.48	0.31	0.36	0.43	0.12	0.32	0.36
	Mek	0.19	0.39	0.52	0.32	0.29	0.48	0.40	0.30	0.26	0.43	0.34	0.13	0.38	0.44
	Pk	0.26	0.06	0.24	0.33	0.21	0.26	0.07	0.09	0.38	0.13	0.13	0.12	0.26	0.10
H (renggang, kompleks, B3)	Man	0.46	0.25	0.09	0.22	0.19	0.12	0.21	0.56	0.09	0.15	0.15	0.59	0.09	0.10
	Mes	0.17	0.48	0.17	0.23	0.24	0.33	0.43	0.19	0.29	0.43	0.48	0.14	0.57	0.60
	Mek	0.17	0.21	0.38	0.26	0.29	0.34	0.30	0.18	0.34	0.35	0.29	0.14	0.28	0.18
	Pk	0.20	0.06	0.36	0.30	0.28	0.20	0.06	0.07	0.28	0.08	0.08	0.13	0.06	0.12

Tipe Proyek	Metode	Responden ke-					Rata-rata Matriks Aritmetik	Rata-rata Matriks Geometrik
		15	16	17	18	19		
A (renggang, sederhana, non-B3)	Man	0.58	0.52	0.58	0.54	0.64	0.41	0.40
	Mes	0.11	0.11	0.17	0.25	0.14	0.20	0.20
	Mek	0.25	0.31	0.17	0.15	0.16	0.29	0.30
	Pk	0.06	0.05	0.08	0.06	0.05	0.10	0.10
B (padat, sederhana, non-B3)	Man	0.55	0.55	0.55	0.54	0.55	0.48	0.49
	Mes	0.15	0.14	0.17	0.26	0.20	0.21	0.20
	Mek	0.24	0.25	0.23	0.14	0.19	0.22	0.22
	Pk	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.09	0.08
C (renggang, sederhana, B3)	Man	0.65	0.58	0.31	0.47	0.37	0.39	0.39
	Mes	0.12	0.18	0.29	0.21	0.20	0.21	0.22
	Mek	0.19	0.18	0.30	0.27	0.20	0.26	0.29
	Pk	0.05	0.06	0.10	0.06	0.23	0.14	0.10
D (padat, sederhana, B3)	Man	0.61	0.59	0.48	0.54	0.50	0.45	0.46
	Mes	0.12	0.12	0.18	0.26	0.24	0.21	0.20
	Mek	0.23	0.23	0.19	0.14	0.17	0.24	0.25
	Pk	0.05	0.06	0.15	0.06	0.09	0.10	0.09
E (renggang, kompleks, non-B3)	Man	0.06	0.05	0.16	0.10	0.16	0.11	0.10
	Mes	0.18	0.17	0.20	0.14	0.24	0.23	0.25
	Mek	0.23	0.21	0.20	0.31	0.24	0.25	0.26
	Pk	0.53	0.57	0.43	0.45	0.36	0.41	0.39
F (padat, kompleks, non-B3)	Man	0.11	0.10	0.16	0.20	0.15	0.22	0.20
	Mes	0.57	0.56	0.33	0.22	0.33	0.37	0.40
	Mek	0.26	0.26	0.31	0.50	0.30	0.28	0.30
	Pk	0.05	0.08	0.20	0.07	0.22	0.13	0.10
G (renggang, kompleks, B3)	Man	0.04	0.05	0.07	0.63	0.08	0.16	0.12
	Mes	0.25	0.26	0.32	0.12	0.27	0.29	0.32
	Mek	0.13	0.17	0.36	0.13	0.34	0.32	0.34
	Pk	0.6	0.5	0.26	0.12	0.31	0.23	0.22
H (renggang, kompleks, B3)	Man	0.08	0.11	0.18	0.59	0.14	0.23	0.20
	Mes	0.53	0.57	0.40	0.14	0.41	0.36	0.38
	Mek	0.33	0.28	0.30	0.14	0.31	0.27	0.29
	Pk	0.06	0.05	0.12	0.13	0.15	0.15	0.13

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, kemudian hasil diskusi dan pembahasan dengan salah satu pakar konstruksi, serta studi kasus terhadap salah satu proyek pembongkaran, maka dapat disimpulkan tabel berikut:

Tabel 5.1 Metode Demolisi Paling Tepat Berdasarkan Tipe Proyek

Tipe Proyek		Urutan Metode		
		1	2	3
A	- Renggang - Non-B3 - Sederhana	<i>Top-down</i> Manual	Mekanikal	-
B	- Padat - Non-B3 - Sederhana,	<i>Top-down</i> Manual	-	-
C	- Renggang - Mengandung - Sederhana, B3	<i>Top-down</i> Manual	Mekanikal	-
D	- Padat - Mengandung - Sederhana B3	<i>Top-down</i> Manual	-	-
E	- Renggang - Non-B3 - Kompleks	Peledak	Mekanikal	<i>Top-down</i> Mesin
F	- Padat - Non-B3 - Kompleks	<i>Top-down</i> Mesin	Mekanikal	-
G	- Renggang - Mengandung - Kompleks B3	Mekanikal	<i>Top-down</i> Mesin	-
H	- Padat - Mengandung - Kompleks B3	<i>Top-down</i> Mesin	Mekanikal	-

- Pada proyek tipe A, B, C, dan D di mana merupakan bangunan sederhana yang tidak dipengaruhi jarak antar-bangunan dan kandungan di dalamnya, metode pembongkaran yang paling tepat adalah *top-down* manual. Hal ini

dikarenakan jenis bangunan yang sederhana di mana tidak memerlukan peralatan berat sebagai alat utamanya.

- Pada proyek tipe E paling tepat menggunakan metode pembongkaran dengan bahan peledak. Karena dengan bangunan kompleks di lokasi yang renggang dan tidak mengandung B3, dengan meledakkan struktur utama bagian bawah membuat proses pembongkaran lebih cepat dan mudah.
- Untuk proyek tipe F dan H di mana bangunan berstruktur yang kompleks dan berada pada lokasi padat namun tidak dipengaruhi kandungan B3, metode pembongkaran yang paling tepat adalah dengan *top-down* menggunakan mesin. Hal ini karena lokasi yang padat diperlukan peralatan yang tidak banyak membutuhkan ruang gerak sehingga tidak mengganggu area di sekitarnya.
- Sedangkan proyek tipe G meskipun struktur bangunannya kompleks dan mengandung B3, namun lokasi yang renggang lebih tepat jika dibongkar menggunakan pergerakan alat berat/metode mekanikal. Karena alat berat dapat bergerak leluasa dalam menghancurkan bangunan.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan setelah dilakukan penelitian ini adalah diharapkan ke depan dapat dilakukan penelitian serupa namun dengan menggunakan metode analisis kuantitatif. Seluruh kriteria yang memiliki pengaruh dalam pelaksanaan pembongkaran bangunan dikonversikan ke dalam nilai uang atau biaya, sehingga dengan standar ukur yang sama akan diperoleh metode pembongkaran yang paling efisien namun tidak mengabaikan faktor-faktor yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Arham. 2003. *Intellegent Selection of Demolition Techniques*. Loughborough University. United Kingdom.
- Adewuyi, T.D.O dan E.A. Akinade. 2010. *Lagos megacity programme: psychological implications of demolition of shops, stalls and houses of Lagosians*. Elsevier. Amsterdam.
- Australian Government. 2015. *Demolition Work Code of Practice*. Safe Work Australia. New South Wales.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. *Indeks Perkembangan Sektoral PDRB Kota Surabaya Terhadap Tahun 2000 Atas Dasar Harga Berlaku 2009 - 2014*. BPS Kota Surabaya.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya. 2015. Diakses dari <http://surabayakota.bps.go.id/webbeta/frontend/index.php/linkTabelStatis/386>, pada 24 Oktober 2015 pukul 11.36 WIB.
- Bank Indonesia (BI). 2015. *Kajian Ekonomi dan Keuangan Regional Provinsi Jawa Timur - Triwulan I*. Kantor Perwakilan Bank Indonesia Provinsi Jawa Timur. Surabaya.
- Bhakti, Semidang. 2013. *Penentuan Resiko Jenis Kontrak pada Proyek Pembangunan Gedung di Lingkungan Total E&P Indonesia dengan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP)*. ITS. Surabaya.
- Coelho, Andre dan Jorge de Brito. 2009. *Economic analysis of conventional versus selective demolition – A case study*. Elsevier. Amsterdam.
- Hongkong Government. 2004. *Code of Practice for Demolition of Buildings*. Building Department. Hongkong.
- Islami, M.W. 2014. *Analisa Metode dan Biaya Pembongkaran Bangunan Pasar Turi Tahap-III Surabaya*. ITS. Surabaya.

- Mulyono. 2000. *Petunjuk Standarisasi Desain Gedung Bertingkat*. Ganeca Exact. Bandung.
- Nurfaida, Wida. 2009. *Pengelolaan Resiko Penyiapan Proyek yang Bersumber Dana Pinjaman Luar Negeri Terhadap Waktu Pelaksanaan Konstruksi Jalan*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- PMI. 2004. *A Guide to the Project Management Book of Knowledge Third Edition*. Project Management Institute. Pennsylvania.
- Republik Indonesia. 1999. *Undang-Undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 1999 tentang Jasa Konstruksi*. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2002. *Undang-Undang Republik Indonesia No. 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung*. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2005. *Peraturan Pemerintah No. 36 Tahun 2005 tentang Bangunan Gedung*. Sekretariat Negara. Jakarta
- Republik Indonesia. 2013. *Peraturan Lembaga Pengembangan Jasa Konstruksi Nasional No. 10 Tahun 2013 tentang Registrasi Usaha Jasa pelaksana Konstruksi*. LPJK. Jakarta.
- Rusli, Akhmad. 2013. *Pemilihan Kontraktor Perbaikan Rotor di Pembangkit Listrik PT. XYZ dengan Menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process dan Goal Programming*. ITS. Surabaya.
- Shuster, W.D., et.al. 2014. *Residential demolition and it's impact on vacant lot hidrology: Implication for the management stormwater and sewer sysem overflows*. Elsevier. Amsterdam.
- Sudarmoko. 1996. *Perancangan dan Analisis Kolom Beton Bertulang*. Biro Penerbit KMTS, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Sugiyono. 2005. *Metode Penelitian Kualitatif*. Alfabeta. Bandung
- Sukmadinata, N.S. 2008. *Metode Penelitian Pendidikan*. Remaja Rosdakarya. Bandung.

BIOGRAFI



Lathiful Wafiq lahir di Sidoarjo pada 2 Mei 1986 dari pasangan Moch. Achijat dan Nurul Hidayati. Menempuh pendidikan formal di SD Negeri 2 Jabaran-Sidoarjo, SLTP Negeri 1 Krian-Sidoarjo, dan SMU Negeri 1 Krian-Sidoarjo. Pada tahun 2004 melanjutkan pendidikan Sarjana Pendidikan jurusan Teknik Sipil di Universitas Negeri Surabaya. Selama kuliah, Ia bersama rekan-rekannya menekuni jasa desain dan pemborongan bangunan namun terbatas pada pekerjaan konstruksi sederhana dengan melakukan promosi kepada orang-orang terdekat. Namun usaha jasa ini tidak dapat bertahan lama karena kesibukan para anggotanya ketika menyusun tugas akhir dan diterima di tempat kerja yang lain. Sebelum mengikuti wisuda, Ia sempat membantu proyek kampus dan ditunjuk menjadi Pelaksana Lapangan dalam pembangunan Proyek Laboratorium Tahap I. Setelah proyek selesai, Ia mendapat kesempatan bekerja di PT. Sunjaya Coating Perdana (PT. Tensan Indonesia) sebagai seorang Quantity Surveyor untuk pembangunan rumah tinggal di Jepang pada 2009, dan pada awal 2010 menjadi Quantity Surveyor pada PT. Waringin Megah, sebuah perusahaan konstruksi yang cukup besar di Surabaya. Namun pada akhir 2010, Ia diterima di Kementerian Pekerjaan Umum dan ditempatkan di Pusat Pendidikan dan Pelatihan karena di harapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan sumber daya manusia bidang pekerjaan umum sesuai dengan latar belakang pendidikannya. Pada 2014 Ia mendapatkan kesempatan untuk melanjutkan pendidikannya di Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan bidang Manajemen Proyek yang diselesaikan pada 2016.